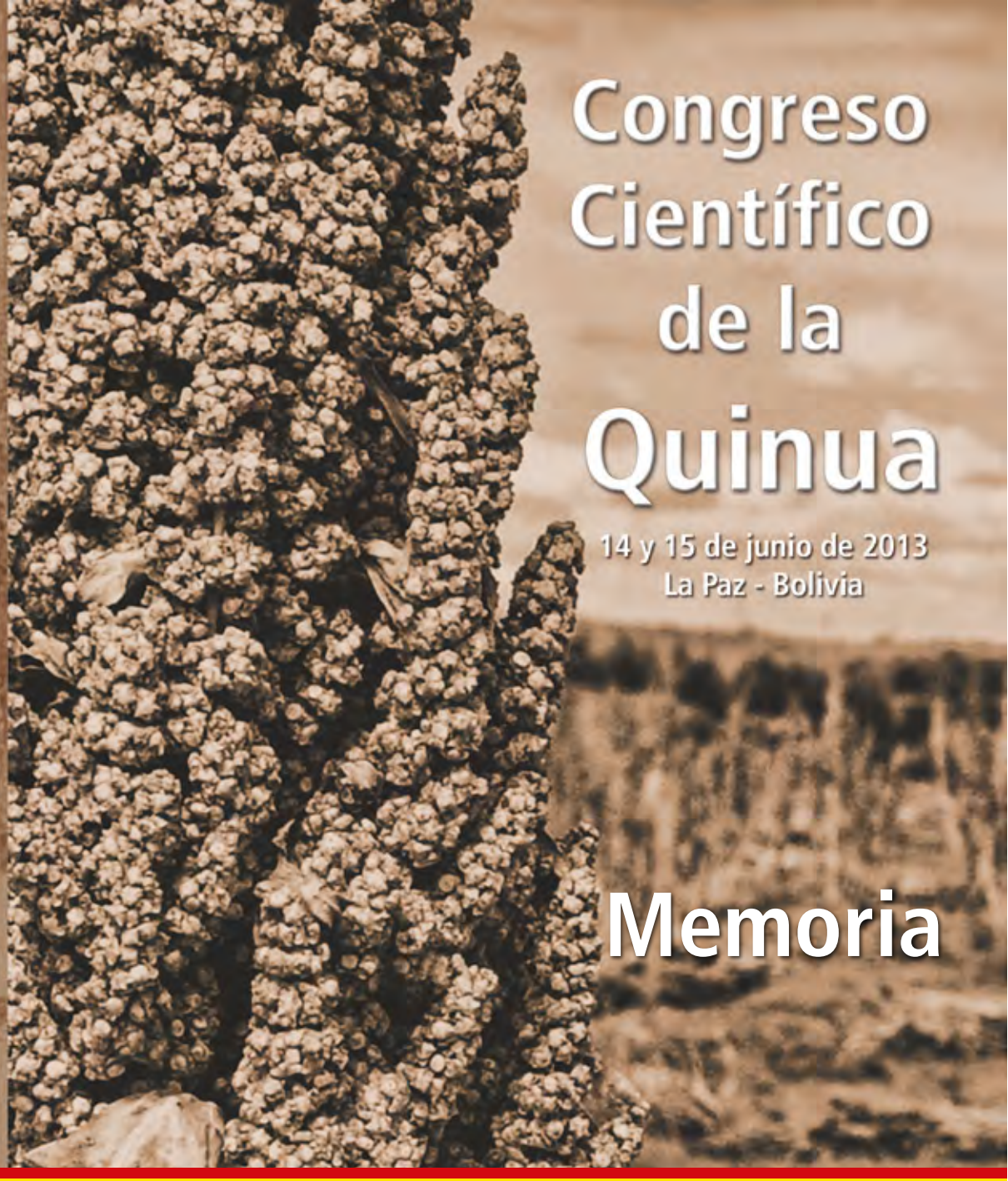


Congreso Científico de la Quinua

14 y 15 de junio de 2013
La Paz - Bolivia

Memoria

MDRyT
VDRA
Quinua
INIAF
IICA

Las instituciones involucradas con la publicación de la presente memoria promueven el uso justo de este documento. Se solicita que sea citado apropiadamente cuando corresponda.

Esta publicación está disponible en formato electrónico en los siguientes sitios institucionales:

www.agrobolivia.gob.bo
www.iniaf.gob.bo
www.iica.int

Editor: Mario Vargas
Diagramado e Impresión: GrafikaLeal
Fotografías Portada y Separadores de Sección: Mario Vargas

Vargas, M. (Ed). 2013. Congreso Científico de la Quinua (Memorias). La Paz, Bolivia. 682 p.; 21,5 cm.

ISBN: 978-99954-2-729-0
Deposito Legal: 4-1-1480-13

1. Quinua 2. Ciencia 3. Tecnología 4. Investigación

AGRIS
F01

DEWEY
633.1

La Paz, Bolivia
2013

PRESENTACION

La quinua, alimento completo por excelencia, es un cultivo que nuestros hermanos y hermanas agricultores han producido y conservado por muchos años para contribuir en asegurar nuestra soberanía alimentaria. Comprendiendo su importancia y reconociendo el esfuerzo de los agricultores bolivianos, el Gobierno de nuestro Hermano Presidente Evo Morales Ayma, gestionó ante las Naciones Unidas que este año fuera designado como "Año Internacional de la Quinua ", lo que fue reconocido en su Asamblea General del 2 de julio de 2011 y el 20 de Febrero del presente año se procedió a su lanzamiento oficial.

A lo largo de este año, estamos desarrollando diversas actividades tanto en Bolivia como en otros países del mundo, reconociendo y difundiendo la importancia de la quinua, como cultivo nuestro para la población mundial.

En esta oportunidad, estamos convocando a todos los estudiosos e investigadores a participar en este "Congreso Científico de la Quinua", debido a que consideramos que el desarrollo de la innovación y el reconocimiento – aplicación de los saberes ancestrales, nos ayudaran a lograr la sustentabilidad en la producción, con lo cual podremos mejorar el bienestar social y económico de nuestras familias de productores, contribuyendo de esa manera al vivir bien de todos los bolivianos y bolivianas.

El Estado Plurinacional de Bolivia, es en estos momentos, no solo es el primer productor de quinua en el mundo, sino además, tenemos la mayor diversidad de quinua y las formas de producción más antiguas. En otras palabras, la quinua está muy arraigada en nuestra agricultura, alimentación y costumbres. Por ello es que desde tiempo atrás, los bolivianos nos hemos dedicado a producirla y conservarla mejor.

Dando cumplimiento al Plan Nacional de Desarrollo y a Políticas Nacionales Sectoriales, entre otras acciones, hemos creado al Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF), con competencia para promover la investigación tecnológica en rubros estratégicos tales como la quinua. Por lo tanto, me complace que ambas instancias estemos realizando este Evento Científico, que no dudo reunirá muchos trabajos, experiencias y recomendaciones en beneficio de nuestros productores de quinua y de sus familias.

También deseo resaltar el apoyo recibido para la realización de este evento, por parte el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura IICA, de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura FAO, y las organizaciones de productores de quinua de Bolivia, para la realización de este Importante Congreso.

Nemesia Achacollo Tola
Ministra de Desarrollo Rural y Tierras

PROLOGO

La quinua es un cultivo importante que siempre ha estado vinculado a los sistemas productivos y a la cultura boliviana. Sus plantas vistosas y multicolores y su grano altamente nutritivo atrajeron la atención de los investigadores desde hace muchos años. Quiero rendir un homenaje a ellos, pues haciendo un parangón con la agricultura, fueron ellos la semilla que inició el proceso de investigación en quinua y pasados más de 50 años, vemos que el proceso se ha multiplicado.

Me atrevo a decir que fue tal vez Don Martín Cárdenas, con sus estudios de botánica de la quinua y de muchas otras plantas con importancia económica en Bolivia quien dio el punto de partida para la investigación de la quinua. Su obra "Manual de Plantas Económicas de Bolivia" publicada en 1969 es una referencia muy importante para todos los que hemos investigado la quinua. Sin embargo, es Don Humberto Gandarillas, quien inició y dirigió un proceso de investigación en quinua, desde la Estación Experimental de Patacamaya, que se extendió por un periodo de más de 20 años desde la década los 60 hasta la de los 80. Don Humberto no sólo fue un pionero de la investigación en la biodiversidad, genética y agronomía de la quinua sino que además formó a investigadores que continúan investigando y formando a investigadores de la quinua. La obra extensa de Don Humberto, es aún consultada y valorada por muchos y la variedad Sajama, primera variedad de quinua dulce, obtenida por él, es aún cultivada y utilizada en programas de mejoramiento genético. Además de su trabajo pionero, hay que reconocer también las contribuciones de Don Julio Rea en sus trabajos de botánica, floración y economía de la quinua. Estos pioneros de la investigación de la quinua ya han partido, pero nos han dejado obras y enseñanzas que son fuente de inspiración a quienes continúan trabajando y por ello rindo un homenaje a ellos y otros que han trabajado anónimamente al inicio de este congreso.

La importancia de este Congreso Científico radica en la necesidad de revisar y discutir los trabajos de investigación hechos en Bolivia. Coincide con la celebración del "Año Internacional de la Quinua" pero a no dudar, es un ejercicio necesario que sirve a todos para afinar los procesos de investigación en al país. En ese sentido, quiero referirme al lema del año internacional: un futuro sembrado hace miles de años. Lema muy significativo, pues un alimento tan valioso, guardado por los agricultores, está adquiriendo un reconocimiento mundial. Reconocimiento que me atrevo a decir demoró más de lo esperado por quienes la conocemos desde tiempo atrás, pues con la calidad alimenticia que tiene la quinua y su enorme rango de adaptación a diferentes climas, la quinua debió haberse convertido en alimento de muchos hace ya bastante tiempo.

Quienes investigan la quinua deben enfrentar retos diversos. Uno importante mejorar la sostenibilidad de su producción en los ecosistemas frágiles del altiplano frente al fenómeno del cambio climático. Las expectativas que ha generado la quinua entre la población requiere que mayores volúmenes se produzcan y ello implica desarrollar sistemas de producción en áreas no tradicionales, para esto existe una base importante de recursos genéticos que ha sido caracterizada, lo que se requiere es ensayos de adaptabilidad y estabilidad de este recurso en áreas potenciales. Por ello, es necesario que este congreso científico se constituya como un referente de los trabajos que se hacen en el país y que se realice con una periodicidad de dos años.

Juan Risi Carbone
Representante del IICA en Bolivia

INTRODUCCION

Nos sentimos muy complacidos por la realización del Congreso Científico de la Quinua, organizado por el Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras - MDRyT, conjuntamente el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura - IICA, dentro de las actividades de celebración del "Año Internacional de la Quinua".

Debemos resaltar la importancia que la quinua representa para nuestra agricultura, donde participan aproximadamente 70.000 productores del altiplano boliviano, destacando que este año se pueden superar las 100.000 hectáreas sembradas.

El altiplano, al igual que otras regiones de Bolivia y el mundo, viene siendo afectado por el cambio climático, lo que implica aumentos de temperatura, irregularidad de lluvias y mayores vientos en época de cultivo; por ello es importante que el cultivo de la quinua sea manejado adecuadamente para no afectar su productividad y la biodiversidad en los sistemas productivos. Es importante conjugar los esfuerzos de nuestras hermanas y hermanos productores con la generación y aplicación de tecnologías adecuadas, así como la recuperación de conocimientos ancestrales, para enfrentar estas eventualidades.

Un reto importante que tenemos como Estado Plurinacional, es el de aumentar la producción de la quinua y particularmente su rendimiento. Debemos hacer que este gran alimento favorezca la nutrición de la población, sobre todo de las niñas y niños. Somos conscientes del gran aporte realizado por los productores del altiplano y de los esfuerzos para llevar la producción de quinua a otras regiones.

De esta manera, en el marco de la celebración del "Año Internacional de la Quinua", hemos reunido a los investigadores en quinua, de los cuales se aceptaron 62 artículos y en su elaboración participaron 129 autores, quienes provienen de 19 instituciones y otros son investigadores independientes y/o productores, entre ellos 11 Universidades (7 nacionales y 4 extranjeras), 3 Fundaciones, 2 Institutos, 1 Empresario Privado, 1 Red y 1 Proyecto.

Haciendo un análisis de los trabajos presentados en este Congreso, podemos ver que se han cubierto varios aspectos, pues de los 62 artículos: 9 corresponden al tema de Biodiversidad y Recursos Genéticos, 22 al de Sistemas de Producción, mientras que en Sanidad Vegetal encontramos 10 artículos y en Socioeconomía hay 7 artículos; el tema de Producción Ecológica es abordado en 5 artículos e igual número para la Agroindustria; finalmente 4 artículos refieren al tema de Maquinaria y Mecanización Agrícola.

A continuación nos permitimos describir brevemente algunos aspectos de las áreas temáticas abordadas:

En el área de "Biodiversidad y Recursos Genéticos", se presenta a mayor profundidad la descripción de las diferentes variedades y sus características productivas, entre ellas la producción en zonas no tradicionales (valles) de algunas variedades que han permitido conocer su adaptabilidad y el potencial productivo que tiene la quinua.

Las investigaciones sobre quinuas silvestres han determinado que pueden ser una fuente de resistencia no solo a plagas y enfermedades sino a problemas que derivan del cambio climático.

En el área temática de "Sistemas de Producción" se destaca que el manejo agronómico es un aspecto de suma importancia para el aprovechamiento del potencial de las variedades. También resalta el hecho de conocer aspectos sobre fertilidad de suelo, manejo del agua, uso de abonos orgánicos (guano de llama), rotaciones y asociaciones de cultivos, cosecha, poscosecha y manejo integrado de plagas, que permiten producir quinua en armonía con la Pachamama.

Asimismo, establece mecanismos de siembra y distribución de semilla por parte de los productores para desarrollar un sistema productivo sustentable.

En el área de "Sanidad Vegetal", se identifica que las plagas y enfermedades junto con el cambio climático, son factores limitantes para la producción. Los productores del altiplano en el pasado han sabido combatir estos problemas, pero su mayor frecuencia ha dificultado sus acciones. Al ser Bolivia país de origen de la quinua real, se han identificado formas eficaces y amigables con el medio ambiente para combatir estos problemas.

Los artículos identifican a las plagas de la quinua (polillas, rafaelillos, ticonas, etc.) y a sus enemigos naturales (fauna benéfica) que les hacen frente. Asimismo, se describen técnicas para criar esta fauna benéfica y producir el inóculo de los hongos y bacterias que causan enfermedades a las plagas. Conociendo el comportamiento de las plagas y su conducta reproductiva podemos concentrarlas y eliminarlas.

Los trabajos de investigación mencionan que el uso excesivo de agroquímicos para combatir plagas, puede disminuir la población de la fauna benéfica, por lo que un conocimiento racional de los ecosistemas permite su recuperación. En el caso de las enfermedades, se dispone de plantas con cuyos extractos (biofungicidas) es posible atenuar el daño de las enfermedades y también de las plagas, aplicando los sabios conocimientos de nuestros ancestros en combinación con las tecnologías modernas. Ej.: Control biológico como parte del manejo integrado de plagas.

En cuanto a la "Producción Ecológica", orienta a que la producción de quinua sea amigable con el medio ambiente y ayude a cuidar la Pachamama. Se mencionan diversas formas de producción ecológica, las cuales combinan parte de las técnicas descritas en el manejo agronómico y en el manejo de plagas y enfermedades.

Las investigaciones demuestran que se ha desarrollado estrategias de manejo integrado de la quinua ecológica, basadas en el uso de bioinsumos que mantienen la sanidad de la plantas e incrementan los rendimientos hasta un 50%. Estos se han generado en base a microorganismos como las bacterias y hongos benéficos, aplicados con materia orgánica y complementada con fertilizantes foliares orgánicos y bioinsecticidas-fungicidas, representando una alternativa importante para un manejo del cultivo de quinua más sustentable, más sensible con el medio ambiente y la salud de los productores y consumidores.

En relación con la "Agroindustria", resalta que este es un componente importante para agregar valor a la quinua y mejorar su calidad en la elaboración de diferentes alimentos, con el uso de tecnologías que permitan asegurar la preservación de las características nutricionales y contribuir a la salud y la seguridad alimentaria de la población. Asimismo, se destaca que se ha resuelto el problema de la presencia de saponina en el grano de quinua, consecuentemente esta llega al consumidor en optimas condiciones.

Por otro lado, se resalta que la diversificación de productos elaborados en base a la quinua o el uso de estos, depende en gran medida del conocimiento que se disponga sobre sus principales componentes químicos, nutricionales y propiedades funcionales de los ecotipos, para orientar su potencial de aplicación y uso agroindustrial. Como ejemplo de estos productos se puede citar a las harinas obtenidas de la molienda de granos de ecotipos de quinua real que tienen buen rendimiento harinero.

En lo concerniente a "Socioeconomía", se desarrollan temas relacionados con la producción, transformación y comercialización de la quinua, así como de los impactos sociales y económicos que estos generan para las comunidades indígenas, originarias y campesinas, cuyas familias han ido mejorando sus condiciones de vida (ingresos, diversificación de la alimentación, niveles de nutrición, entre otros).

La inserción de la quinua en el comercio mundial ha representado y representa una gran oportunidad para los productores, las empresas transformadoras y en general para todos los actores locales del complejo productivo, que en la actual coyuntura se encuentran frente a un escenario muy favorable debido a la gran demanda y precios altos en los mercados externos.

En el área temática de "Maquinaria y Mecanización Agrícola", se destaca la introducción, innovación y empleo de maquinaria en los procesos de siembra y en la transformación, resaltando el diseño de máquinas sembradoras y trilladoras acordes a nuestra realidad.

Uno de los artículos aborda el éxito con la modificación de la sembradora de quinua (SATIRI), que permite sembrar a una profundidad que varía de 2,5 y 3,5 cm., en suelos que deben estar bien preparados, desterronados y lo más homogéneos posible, para evitar el desnivel en la siembra que afecta en la emergencia de la planta.

Finalizamos esta introducción, felicitando a todas y todos los investigadores que demuestran el fortalecimiento y desarrollo de la ciencia y tecnología en relación con la quinua y, más importante aún, destacando que el trabajo y los aportes vienen combinados con nuestros conocimientos y tecnologías ancestrales heredados y conservados desde hace 7.000 años, donde los pueblos andinos desarrollaron su propia ingeniería genética y técnicas de cultivo necesarias para la producción en armonía con la Madre Tierra. En este contexto, Bolivia y los países Andinos ofrecemos al mundo un aporte vital para alimentar sanamente a las generaciones actuales y futuras.

Asimismo, nos permitimos mencionar que nuestro Hermano Presidente Juan Evo Morales Ayma ha impulsado la declaración del "Año Internacional de la Quinua 2013" y como una de las tareas importantes se ha propuesto la creación e implementación del Centro Internacional de la Quinua para garantizar la sustentabilidad del Complejo Productivo del Grano de Oro de los Andes.

Víctor Hugo Vásquez Mamani
Viceministro de Desarrollo Rural y Agropecuario

Consideraciones del Editor

La Memoria del Congreso Científico de la Quinua no se ajusta a una rigidez estricta en cuanto a formato científico, procura establecer un estilo homogéneo para todos los documentos.

El contenido técnico/científico, de los artículos de la presente Memoria, es de exclusiva responsabilidad de los autores.

Agradecimientos:

Comité Científico del Congreso Científico de la Quinua, conformado por Ph.D. Luis Acosta, Ph.D. Alejandro Bonifacio, Ph.D. Juan Risi y Ms.C. Eddy Morales.

CONTENIDO

		Página
Presentación		iii
Prologo		v
Introducción		vii
Nota del Editor		xiii
Contenido		xv

Biodiversidad y Recursos Genéticos

Caracterización morfológica de 36 cultivares de quinua (***Chenopodium quinoa*** Willd.) en el valle bajo de Cochabamba-Bolivia	Gabriel Julio	3
Quinua de valle (***Chenopodium quinoa*** Willd.): fuente valiosa de resistencia genética al mildiu (***Peronospora farinosa*** Willd.)	Gabriel Julio	17
Estudio de la morfología y viabilidad de semillas de 8 taxones de quinua silvestre de Bolivia	Mónica Fernández	31
Caracterización de la diversidad genética de la colección boliviana de quinua, utilizando microsatélites	Silene Veramendi	43
Estado de la conservación ***in situ*** de la quinua silvestre en el área circundante al lago Titicaca, Bolivia	Eliseo Mamani	55
Descenso de la germinación de la semilla por grupos diferenciados en la colección de germoplasma de quinua de Bolivia	Milton Pinto	65

La diversidad genética de quinua de Bolivia	Wilfredo Rojas	77
Clasificación por calibre del grano en líneas de quinua roja	Milton Dario Huanca	93
Plan de implementación del sistema de manejo de información del recurso genético de quinua (***Chenopodium quinoa*** Willd.) Administrado por INIAF-Bolivia	Edwin Iquize	101

Sistemas de Producción

Efecto de las rocas en la curva de retención de agua del suelo y en un modelo de productividad de agua del cultivo	Alfredo Veizaga	117
Mejoramiento del suelo y aprovechamiento del espacio a través de cultivos asociados con quinua	Victor Zenteno	129
Evaluación comparativa del rendimiento de la quinua, bajo siembra directa y trasplante en el inicio de la época lluviosa	Edgar Ticona	137
Introducción y validación de siete variedades de quinua (***Quenopodium quinoa*** Willd.) en las zonas altas del departamento de Tarija	Sergio Martínez	149
Estudio químico sobre la correlación suelo-planta de quinua en el altiplano del departamento de La Paz	Argollo Jaime	161
Potenciales abonos para uso en la producción orgánica: Manejo de residuos orgánicos municipales con activadores orgánicos y lombricultura	Jessica Ruiz	175
Efecto de diferentes cepas de bacterias promisorias en plantas de quinua (***Chenopodium quinoa***) en condiciones de invernadero	Marlene Angulo	185
Efecto del estiércol de Llama (***Lama glama***) mejorado en la calidad de grano de quinua (***Chenopodium quinua*** Willd.)	Issac Mamani	193
La ruta de la semilla en la difusión de variedades mejoradas	Milan Mamani	203

Nuevas Tecnologías para evitar la pérdida de fertilidad por erosión eólica en el cultivo de la quinua	Gabriela Alandia	213
Evaluación de la severidad del mildiu y daño del granizo en líneas de quinua	Alejandro Bonifacio	227
Recolección de semilla y multiplicación de la T'ula con fines de repoblamiento en sistemas de producción de quinua	Patricia Ramos	237
El rol multipropósito de las leguminosas en el sistema de producción de quinua	Mirian Alcon	245
Efecto de microorganismos en dos cultivares de quinua (***Chenopodium quinoa*** Willd.) en condiciones de invernadero	Gladys Main	255
Escuelas de Campo de Agricultores (ECAs): Una herramienta para el fortalecimiento en el proceso de producción y comercialización de semilla de quinua	José Marconi	263
Mejora de la producción, uso y acceso de semilla quinua a nivel de la agricultura familiar campesina: Proyecto Semillas Andinas	Javier Aguilera	271
Mineralización del nitrógeno a partir del estiércol de Llama como fuente de abono orgánico	Roberto Miranda	281
Rendimiento y acumulación de nitrógeno en la quinua (***Chenopodium quinoa*** Willd.) producido con estiércol y riego suplementario	Roberto Miranda	291
Evaluación técnica y económica de dos sistemas de riego para la producción de la quinua	Jaime Cossío	301
Técnicas de DOWNSCALING estadístico para evaluar el impacto del cambio climático en zonas productoras de quinoa	Magali García	307
Flexibilidad fenológica de la quinua (***Chenopodium quinoa*** Willd.) en respuesta al estrés hídrico	Sam Geerts	319
Análisis y sistematización de actividades sobre el manejo integrado del cultivo de la quinua realizado por diferentes instituciones en el Altiplano	Jaime Cossío	333

Sanidad Vegetal

Desarrollo de biofungicidas en base a extractos de plantas para el control del Mildiu (***Peronospora variabilis***) de la quinua	Roció Méndez	351
Parasitoides de larvas de polilla de la quinua (***Eurysacca quinoae*** P.) perspectiva de control biológico en quinua orgánica	Ilich Figueroa	359
Disponibilidad y acceso a tecnologías para el manejo ecológico de insectos plaga del cultivo de la quinua (***Chenopodium quinoa*** Willd.) en el Altiplano Sur	Reinaldo Quispe	371
Efecto insecticida del extracto de locoto (***Capsicum pubescens***) sobre plagas lepidópteras de la quinua en condiciones de campo	Luis Crespo	381
Virulencia de hongos entomopatógenos ***Beauveria sp***. y ***Metarhizium sp***. en el control de larvas de ***Helicoverpa gelotopoeon*** plaga del cultivo de la quinua	Bilma Ríos	389
Las feromonas en el MIP-quinua: Estado actual de la investigación y difusión	Raúl Saravia	399
Entomofauna benéfica asociada a malezas adyacentes al cultivo de la quinua (***Chenopodium quinoa*** Willd.) en el Altiplano Central de Bolivia	Reinaldo Quispe	407
Cría de insectos: Herramienta para el desarrollo de componentes del manejo de plagas del cultivo de la quinua	Reinaldo Quispe	417
Control de larvas de Eurysacca quinoae Povolny (Gelechiidae: Lepidoptera) con extractos a base de ajo (***Allium spp.)***	Soledad Pinedo	425
Evaluación de estrategias, en el control de la polilla de la quinua (***Eurysacca sp***.), en el cantón Crucero de Belén del departamento de Oruro	Marcelo Gonzales	435

Producción Ecológica

Metabolitos generados por cepas de ***Trichoderma spp.,*** una nueva biotecnología potencial para la producción orgánica de quinua	Claudia Miranda	445
Control biológico del Mildiu de la quinua utilizando diferentes aislamientos de ***Trichoderma sp.***	Giovanna Plata	455
Aislamiento y caracterización funcional de bacterias endófitas en el cultivo de la quinua (***Chenopodium quinoa*** Willd.)	Mayra Claros	465
La quinua orgánica: Estrategia de manejo integrado del cultivo	Oscar Navia	475
Producción de biofertilizantes para quinua con bacterias fijadoras de nitrógeno	Isabel Morales	483

Agroindustria

Mejoramiento para calidad industrial de la quinua	Amalia Vargas	497
Estudio de la capacidad de producción de aflatoxinas en quinua (***Chenopodium quinoa*** Willd.)	Janneth M. Mamani	509
Caracterización físico - química y nutricional de los 13 ecotipos de quinua real (Chenopodium Quinoa Willd) del Altiplano Sur de Bolivia con fines agroindustriales y exportación	Arturo E. Reynaga	517
Evaluación de las cualidades agroindustriales de los granos de quinua real	Arturo Reynaga	525
Fermentación acido láctica del extracto de quinua	Juan Conde	535

Socioeconomía

Quinua: Desafíos y alternativas sostenibles para Bolivia frente a las perspectivas de competencia internacional	Andrea Baudoin	549
Información de la dinámica de precios de las quinuas reales para la toma de decisiones con menor incertidumbre	Efraín Balderrama	559
Flor de quinua: Una alternativa económica para familias del Altiplano boliviano	Claudia Sainz	569
Impacto de las estrategias de desarrollo nutricional a través de la economía con rostro humano: Caso quinua	Elva Gisbert	581
The challenges of developing a sustainable agro-industry in Bolivia: The quinoa market El mercado de la quinua: exportaciones y desafíos para el desarrollo de la agroindustria	Katherine Antonio	591
¿Qué cantidad de quinua es necesaria para reducir el IMC correspondiente al 65% de la población de comerciante del municipio del El Alto que sufre sobrepeso y obesidad?	María Aguirre	599
Centro de Investigación de la Quinua (CIQ) en la Región del intersalar de Bolivia	Ermindo Barrientos	601

Maquinaria y Mecanización Agrícola

Evolución de la siembra mecanizada de la quinua	Virgilio Nina	617
Sembradora mecánica de precisión en surcos para la quinua en el Altiplano Centro y Norte	Miguel Gonzales	625
Tecnología de procesamiento de quinua a pequeña escala en el Altiplano Sur de Bolivia	Genaro Aroni	633
Prototipo de extrusor de quinua real para micro, pequeño y mediano productores	Arturo Reynaga	653



Biodiversidad y Recursos Genéticos

Caracterización morfológica de 36 cultivares de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en el Valle Bajo de Cochabamba-Bolivia

Julio Gabriel[1]; Nayra Luna[2]; Amalia Vargas[1]; Jury Magne[1]; Ada Angulo[1]; Jaime La Torre[2]; Alejandro Bonifacio[1].

[1] Fundación PROINPA.

[2] Facultad de Ciencias Agrícolas, Pecuarias, Veterinarias y Forestales "Martín Cárdenas", UMSS.

E-mail: j.gabriel@proinpa.org

Resumen

Con el objetivo de caracterizar morfológicamente 36 cultivares de quinua provenientes del altiplano de La Paz y del Valle Alto de Cochabamba, se estableció una parcela en un diseño experimental de Bloques Completos al Azar en arreglo de Parcelas Divididas con cuatro repeticiones. Se evaluaron 11 variables cuantitativas y 12 cualitativas. Los resultados mostraron una amplia variabilidad de las variables cuantitativas observándose materiales precoces como tardíos. Se identificaron tres componentes principales relacionados con plantas altas, panojas gruesas y largas, tallos gruesos, mayor peso en los granos y mayor resistencia a mildiu, particularmente en cultivares procedentes de valles. El análisis de correlación mostró relación negativa entre variables fenológicas y morfológicas especialmente en la primera fase por lo que las plantas fueron pequeñas y con bajos rendimientos. Así mismo, se observó correlaciones positivas entre altura de planta, longitud de panoja y diámetro de tallo, que permitió distinguir cultivares tardíos con tendencia a desarrollar plantas altas con mayores rendimientos. El análisis de correspondencia múltiple identificó las variables color de pericarpio, color de panoja a la floración, como las de mayor variabilidad.

Palabras claves: Componentes principales; correlaciones; análisis de correspondencia.

Introducción

La caracterización, conservación y uso de los recursos fitogenéticos es de importancia estratégica para nuestro país. La razón es que éstos desde muchos años han estado sometidos a una activa interacción con el ambiente, generando un gran número de genotipos, ampliando con ello la diversidad genética. Sin embargo, dicha diversidad genética está reduciéndose por las exigencias del mercado, el desplazamiento de los cul-

tivares, abuso de insumos y pesticidas químicos, destrucción de ecosistemas, los cuales están ocasionando erosión genética y pérdida de variabilidad (Jaramillo y Baena 2000).

La diversidad genética entre especies y dentro de cada especie, es una característica fácilmente observable, razón por la cual la caracterización morfológica permite suministrar información sobre la identidad de cada una de las entradas a través del uso de descriptores, que permiten estudiar la variabilidad genética de cada muestra; por lo tanto, es una herramienta importante para evitar las duplicaciones de un mismo material y minimizar la sobrestimación de la diversidad existente (Ramos y Queiroz 1999, Becerra y Paredes 2000).

Sin embargo, para analizar ésta diversidad genética se requieren de herramientas estadísticas confiables que permitan entender las relaciones entre dos o más variables (covarianzas). El análisis multivariante, es una herramienta estadística dirige su atención al análisis de las covarianzas (Uriel y Aldás 2005). Asi, por ejemplo el análisis de componentes principales (ACP) permite conocer la relación existente entre las variables cuantitativas consideradas y la semejanza entre los cultivares; en el primer caso para saber cuáles variables están o no asociadas, cuales caracterizan en el mismo sentido o en sentido contrario y; en el segundo caso, para saber cómo se distribuyen los cultivares, cuales se parecen y cuáles no. También permite seleccionar las variables más discriminativas para limitar el número de mediciones en caracterizaciones posteriores (López e Hidalgo 2003). Fruto de estos métodos fueron la caracterización de material genético de especies como la quinua (Cayoja 1996, Rojas 1998, Bonifacio 2001, CAF-CID 2001, Revollo, 2004).

El análisis de correspondencia múltiple en investigación biológica apropiada para el análisis de variables cualitativas ha permitido la caracterización de material genético de diversas especies como arroz (Morejón *et al*. 2001), caupí (Aramendiz *et al*. 2003), uchuva (Lagos *et al*. 2003), berenjena (Robles *et al*. 2004; Prohens *et al.* 2005) y caña flecha (Aramendiz *et al*. 2005), encontrándose diferencias sustanciales en el germoplasma analizado.

Sobre la base de lo anteriormente indicado el objetivo de la presente investigación fue contribuir al conocimiento de la diversidad genética y uso potencial de la quinua de valle y altiplano.

Materiales y métodos

La investigación se realizó en el año agrícola 2010–2011 en predios de la Fundación PROINPA en Cochabamba, ubicado a 17° 18′ de latitud Sud y 66° 14′ de longitud Oeste, a una altitud de 2540 msnm. El clima es templado, la precipitación media anual es de 560.9 mm, la temperatura media anual es de 18ºC, con una máxima 38.6ºC y una mínima 9.3ºC, la humedad relativa media anual es de 64% (SENAMHI 2013).

Se utilizó 36 cultivares de quinua para valle, 16 provenientes del Altiplano de La Paz y 20 de los Valles de Cochabamba.

La parcela se estableció en un diseño experimental de Bloques Completos al Azar en arreglo de Parcelas Divididas con cuatro repeticiones, que fueron sembradas escalonadamente cada siete días, para bloquear el efecto de época y así evitar la posible variación de las condiciones ambientales (Martinez-Garza 1988). Los cultivares en cada repetición fueron distribuidos aleatoriamente.

Las unidades experimentales estuvieron constituidas por un surco de 2 m de longitud con 20 plantas a 0.20 m. Cada unidad experimental tuvo una superficie de 28.8 m^2. En cada unidad experimental se marbeteó tres plantas seleccionadas al azar de cada surco central, al 50% de botón floral al inicio de panojamiento y a 0.20 m de altura de planta.

La semilla que se empleó correspondió a una densidad de 8 kg ha^{-1} en surcos y a chorro continuo.

Se realizó el raleo de plantas a una distancia entre 0.10 a 0.12 m cuando las plantas alcanzaron 0.20 m de altura de planta. Se hizo tres deshierbes y dos aporques antes de la floración. Se aplicó urea (con 46% de N), al primer aporque en una dosis de 350 kg ha^{-1} y se eliminó las plantas atípicas en cada surco durante la floración.

La cosecha, el trillado y venteo se realizó cuando el grano alcanzó la madurez fisiológica. El secado de panojas se hizo hasta alcanzar 12% de humedad. Luego los glomérulos fueron guardados en sobres manila de 25 x 40 cm, registrando el nombre del cultivar, el tratamiento y la fecha de cosecha. El trillado se realizó manualmente, frotando las panojas durante el tiempo que fuera necesario para que los granos se separen de la broza. Finalmente, se efectuó el venteo durante 10 a 15 min con una ventiladora eléctrica Phillips, holandesa para eliminar todo tipo de impurezas presentes en las semillas, para luego ser almacenadas a temperatura de 5°C y humedad relativa de 5%.

Variables de respuesta

Fueron consideradas las siguientes variables de respuesta:

Severidad de infección. Se evaluó el porcentaje de área foliar afectada al mildiu (*Peronospora farinosa*) en tres hojas obtenidas aleatoriamente del tercio medio superior de plantas (Danielsen & Ames 2000). Para el análisis de la resistencia de los cultivares, se determinó en base a la severidad el Área Bajo La Curva de Progreso de *P. farinosa* total en porcentaje – días (ABCPPF) con la fórmula desarrollada por Shanner y Finney (1977). Para comparar los cultivares se cálculo el Área Bajo la Curva de Progreso de *P. farinosa* relativa (ABCPPFrel), dividiendo el ABCPPF total entre el área máxima alcanzada (Campbell & Maden 1990, Bonierbale et al 2008).

Rendimiento. Se evaluó el peso de los granos por tratamiento de control, accesión y repetición; y luego se transformó a t ha^{-1}.

Variables de caracterización. Se utilizó los descriptores de quinua de Rojas & Pinto (2004). Se evaluó 11 variables cuantitativas: Porcentaje de floración (días) (%FL), madurez fisiológica (días) (FMF), longitud de planta (cm) (AAP), longitud de panoja (cm) (ILO),

diámetro de tallo (mm) (TDM), diámetro de panoja (cm) (IDE), peso de 100 semillas (g) (GPE), diámetro de grano (mm) (GDI), espesor de grano (GFO) (mm) y porcentaje de emergencia (%E). También se evaluó 12 variables cualitativas.

Se realizó un análisis estadístico descriptivo de las variables cuantitativas, determinando el promedio, el rango de variación, la desviación estándar y el coeficiente de variación que representan las medidas de tendencia central y de dispersión (Steel & Torrie 1988).

Se hizo un análisis de correlación (coeficiente de Pearson) para conocer el grado de asociación existente entre las diferentes variables sin afectar la relación presente entre unidades (cm, mm, g y días) (Franco e Hidalgo 2003, SAS 2004).

Se realizó también un análisis de componentes principales (ACP), que permitió transformar un conjunto de variables cuantitativas originales a un nuevo conjunto de variables independientes y no correlacionadas, donde los primeros componentes llevan la mayor información o variabilidad (López e Hidalgo 2003, SPSS 2006).

Finalmente para identificar las variables cualitativas más importantes que expliquen la mayor parte de la variabilidad genética que presenta la muestra original se realizó un análisis de correspondencia múltiple (ACM) (SAS 2004).

Resultados y discusión

Análisis estadístico de las variables cuantitativas

En el Cuadro 1 se describen las variables, sus rangos de variación, el promedio, la desviación estándar (S) y el Coeficiente de Variación (CV). Este análisis mostró la amplia variabilidad existente entre los cultivares para cada variable evaluada. Fue notorio observar que las variables están dentro el rango permitido de CV (1.89 a 21%), a excepción de longitud de panoja.

Cuadro 1.
Parámetros de estadística descriptiva de 10 variables cuantitativas caracterizadas y evaluadas de quinua. El Paso, 2011.

Variables	Cód.	Rango de Variación	Promedio	S	CV (%)
50 % de floración (días) fenológico	F%L	84.2 - 93.60	87.97	2.36	1.89
Madurez fisiológica (días) fenológico	FMF	120.3 - 132	125.28	33.02	4.91
Longitud de planta (cm) morfológico	AAP	119.3 - 171	145	13.49	21.38
Longitud de panoja (cm) morfológico	ILO	33.50 - 46.67	39.48	11.82	68.00
Diámetro de tallo (mm) morfológico	TDM	9.3 - 11.5	10.31	5.78	11.99
Diámetro de panoja (cm) morfológico	IDE	10.83 - 22.64	17.39	8.71	22.23
Peso de 100 semillas (g) grano	GPE	0.24 - 0.35	0.30	4.72	15.43
Diámetro de grano (mm) grano	GDI	1.9 - 3	2.43	0.18	7.53
Espesor de grano (mm) grano	GFO	0.9 - 1	1.06	0.09	8.56
Porcentaje de emergencia	% E	15.67 – 59.62	36.96	27.00	19.38

Leyendas: S - Desviación estándar; CV - Coeficiente de variación.

Para F%L (días), el tiempo desde la siembra fue de 87.97 días, con un CV de 1.89% (Cuadro 1). El rango de variación fue de 84.2 días para las más precoces y 93.60 días para las tardías. Las primeras proceden del Altiplano de La Paz (11Tar, 12Tar, y 05Tar) y las últimas del Valle Alto de Cochabamba (A13 y A16).

Para FMF (días), los cultivares llegaron a la madurez fisiológica en 125 días (Cuadro 1) y el CV fue de 4.91%, debido a la baja dispersión existente respecto al promedio. Los cultivares más precoces (07Tar, 02Tar y 08Tar) alcanzaron la madurez fisiológica a los 120 días (Altiplano de La paz). En cambio, los cultivares más tardíos (132 días) fueron del Valles Alto de Cochabamba (A03 y A16).

Respecto a la ILO (cm), se estimó un promedio de 39.48 cm y un CV de 68%. El rango de variación fue de 33.50 cm para los cultivares de panojas cortas como 12Tar, 05Tar y 06Tar (Altiplano) y 46.67 cm para los cultivares de panojas largas: A14, A3 y A22 (Valles).

En referencia al TDM (mm) el promedio fue de 10.3 mm y el CV de 11.99% (Cuadro 1), con un rango de variación de 9.3 a 11.52 mm. Diámetros menores se presentaron en cultivares procedentes del Altiplano (06Tar, 12Tar y 05Tar). Por el contrario, diámetros mayores se observaron en cultivares de Valle (A14, A03 y A22).

Por lo mencionado, al parecer en el desarrollo del diámetro del tallo influyen el genotipo, el ciclo fenológico y las características climáticas de cada región.

El promedio del IDE (cm) fue de 17.39 cm, con un CV de 17.06% y un rango de variación entre 10.83 y 22.64 cm. Los cultivares con panojas de menor diámetro (06Tar, 05Tar y 12Tar) fueron del Altiplano. Por el contrario, diámetros mayores se registraron en cultivares procedentes del Valle (A14, A03, y A22).

Acerca del GPE (g), se observó un promedio de 0.30 g, un CV de 15.43% y un rango de variación entre 0.24 a 0.35 g. Se identificó pesos bajos de 100 semillas en los cultivares de Valle (H175, H176, A43). En cambio, los cultivares del Altiplano (19Tardia, 10Tardia, y 7Tardia) mostraron mayor peso de 100 semillas.

En referencia al GDI (mm) se observó un promedio de 2.43 mm, un CV de 7.53 % y un rango de variación entre 1.9 a 3 mm entre cultivares. Los cultivares A10 y A25 tuvieron los granos de diámetro más pequeño. En cambio, los cultivares 14Tar, 01Tar y 19Tar tuvieron los mayores diámetros.

Se observó (Cuadro 2) un mayor peso de 100 granos y diámetro de grano en los cultivares del altiplano. Esta es una característica importante en el mercado. Por tanto, sería importante incorporar esta característica en cultivares de Valle.

En cuanto al GFO (mm), se observó un promedio de 1.06 mm, un CV de 8.56 % y un rango de variación de 0.9 a 1 mm, entre los cultivares de menor y mayor espesor de grano. Los cultivares A14, H172, y 13Tar mostraron menor espesor de grano. Por otra parte, los cultivares A25, H177 y 18Tar tuvieron mayor espesor de grano.

Finalmente el %E mostró un promedio de 36.96%, un CV de 19.38 % y un rango de variación de 15.67 a 59.62%.

Análisis de correlación simple (r)

El Cuadro 2, muestra una matriz con las correlaciones de Pearson entre variables cuantitativas. Se han considerado para el análisis solamente las correlaciones altas (> 0.50) y significativas.

Cuadro 2.
Correlaciones de 11 variables cuantitativas evaluadas en 36 cultivares de quinua. El Paso, Cochabamba, 2011.

	FL	FMF	AAP	ILO	TDM	IDE	GPE	Y	GDI	GFO	ABCPPFR
FL	1										
FMF	0,35	1									
AAP	**0,52****	0,41	1								
ILO	0,43	0,30	**0,65****	1							
TDM	**0,55****	**0,57****	**0,97****	**0,74****	1						
IDE	0,14	0,37	**0,60****	0,47	**0,62****	1					
GPE	- 0,18	- 0,32	- 0,32	- 0,17	- 0,35	-0,47	1				
Y	0,26	0,28	**0,59****	0,33	**0,57****	**0,50****	-0,16	1			
GDI	0,12	- 0,03	- 0,20	- 0,10	- 0,18	-0,26	0,26	-0,30	1		
GFO	- 0,01	- 0,43	- 0,10	- 0,07	- 0,17	- 0,27	**0,57****	- 0,01	0,03	1	
ABCPPFR	- 0,41	**- 0,58****	**- 0,58****	- 0,37	**- 0,63****	-0,48	**0,50****	- 0,38	- 0,12	0,45	1

Leyendas: F%L: 50 % de floración (días), FMF: Madurez fisiológica (días), AAP: Longitud de planta (cm) ILO: Longitud de panoja (cm), TDM: Diámetro de tallo (mm), IDE: Diámetro de panoja (cm), Y: rendimiento, GPE: Peso de 100 semillas (g), GDI: Diámetro de grano (mm), GFO: Espesor de grano (mm), ABCPMrel: Área de progreso del mildiu. *: Significativo al Pr<0.05 de probabilidad, **: Altamente significativo al Pr<0.01 de probabilidad.

La correlación más alta y positiva se dio entre las variables AAP y TDM (r = 0.97). Otras variables altamente y positivamente correlacionadas con AAP fueron: ILO (r = 0.65), IDE (r = 0.60) e Y (r = 0.59). Por otra parte, existió una alta y negativa correlación entre AAP y ABCPPFrel (r=-0.58).

En los cultivares evaluados, las plantas con menor altura poseen panojas pequeñas y de menor diámetro, menor diámetro de tallo, menor rendimiento y mayor susceptibilidad al mildiu. Del mismo modo, las plantas más altas tuvieron mayor longitud y diámetro de panoja, mayor diámetro de tallo, mayor rendimiento y resistencia al mildiu.

Por otra parte, fue notorio observar que la variable ABCPPFrel de mildiu se correlacionó negativamente con la variable fenológica FMF (r = -0.58), también con las variables morfológicas AAP (r = -0.58) y TDM (r = -0.63). Por otra parte, se correlacionó positivamente con la variable de grano GPE (r=0.50), esto indicaría que hay una relación inver-

samente proporcional entre la resistencia al mildiu y las variables mencionadas. Esto significa que los cultivares resistentes a mildiu fueron tardías, altas, con tallos gruesos y con menor peso de 100 semillas.

Por otra parte, los cultivares susceptibles fueron precoces, con tallos delgados, menor altura de planta y mayor peso de 100 semillas. Estas características son propias de los cultivares de Altiplano.

La correlación positiva entre el GPE con las variables GFO (r=0,57), permite deducir que cuando mayor sea el peso de 100 semillas, los granos serán de mayor espesor.

La correlación positiva de Y con las variables AAP (r=0,59), TDM (r=0,57) e IDE (r=0,50), indica que las plantas altas con panojas y tallos gruesos tienden a desarrollar mayores rendimientos.

Análisis de componentes principales (ACP)

Una vez generados los componentes, se utilizó los criterios propuestos por Plá (1986), representando el número de componentes y su valor propio en la abscisa, el porcentaje de la varianza correspondiente en la ordenada permitiendo observar el decrecimiento de los primeros componentes en relación a los demás, seleccionando aquellos componentes más significativos.

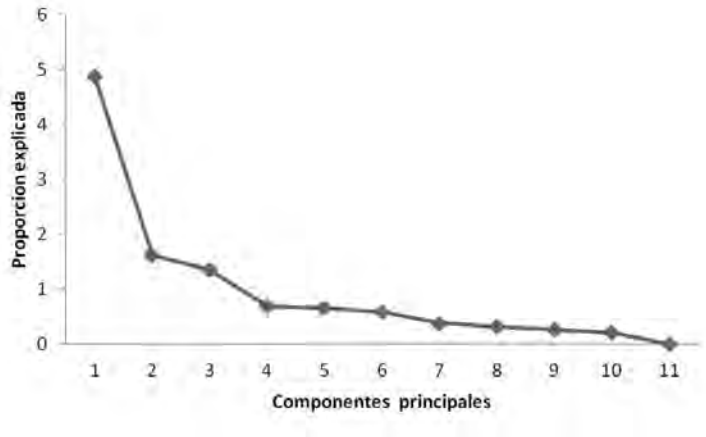


Figura 1.
Gráfico de sedimentación para las variables ratio de las variables cuantitativas evaluadas en 36 cultivares de quinua.

Se consideró como componentes significativos a aquellos valores anteriores al punto de inflexión (Figura 1). Se retuvo tres componentes cuyo valor propio fue ≥1 y que expresaron más del 70% de la varianza total (López e Hidalgo, 2003).

El Cuadro 3, expresa la contribución de cada una de las variables que se asocian a cada componente principal, y la varianza total por cada componente. Mientras más altos sean los coeficientes de la varianza sin importar el signo, más eficaces serán los componentes en la discriminación de los cultivares. En el primer componente se distingue mayor variabilidad, mientras que en los subsiguientes esta va disminuyendo.

Cuadro 3.

Matriz factorial correspondiente a las variables ratio de los cultivares de quinua.

Componentes	1°	2°	3°
Valor propio	4.87	1.63	1.36
Porcentaje de varianza	44.39	14.81	12.40
Variables	**Coeficientes de correlación**		
F%L	0,56	0,26	0,50
FMF	0,65	- 0,29	0,22
AAP	0,88	0,31	-0,01
ILO	0,69	0,34	0,09
TDM	0,94	0,24	0,05
IDE	0,73	- 0,06	-0,34
GPE	- 0,55	0,59	0,24
Y	0,62	0,31	-0,29
GDI	- 0,21	- 0,09	0,85
GFO	- 0,37	0,81	-0,02
ABCPPFrel	-0,77	0,30	-0,28

Leyendas: F%L: 50 % de floración (días), FMF: Madurez fisiológica (días), AAP: Longitud de planta (cm) ILO: Longitud de panoja (cm), TDM: Diámetro de tallo (mm), IDE: Diámetro de panoja (cm), Y: rendimiento, GPE: Peso de 100 semillas (g), GDI: Diámetro de grano (mm), GFO: Espesor de grano (mm), ABCPPFrel: Área de progreso del mildiu.

El primer componente contribuyó con el 44.39% de la varianza total (Cuadro 3), aportando en forma positiva las variables morfológicas F%L, FMF, AAP, ILO, IDE, TDM, IDE e Y. Por otra parte el ABCPPFrel, contribuyó en forma negativa. Por lo que este componente distinguió a plantas tardías a la floración y a la madurez, de elevada altura, con tallos gruesos y panojas largas y gruesas, altos rendimientos y resistencia a mildiu (cultivares de Valle).

El segundo componente contribuyó con cerca del 14.81% al total de la varianza, donde aportaron en forma positiva las variables GFO (r = 0.81) y GPE (r = 0.59). En consecuencia este componente identificó cultivares con elevado peso de 100 semillas y espesor de grano (cultivares del Altiplano).

El tercer componente contribuyó con el 12.40% al total de la varianza, en el cual la variable GDI aportó positivamente (r = 0.85). Indicando que este componente identificó a los cultivares de quinua con elevado diámetro de grano (cultivares del Altiplano).

Análisis de variables cualitativas

El Cuadro 4, describe los estadios de las 12 variables cualitativas considerando las frecuencias tanto nominales comunes en los 36 cultivares de quinua.

Se observó que en la forma de panoja (FPA) de los cultivares (Cuadro 4), las glomeruladas fueron las que obtuvieron mayor representatividad con un 91.7% (33 cultivares). En cambio, las panojas amarantiformes se manifestaron solo en un 8.3% (3 cultivares).

En el hábito de crecimiento (HCR) se observó tres tipos (Cuadro 4), donde 28 cultivares tuvieron hábito de crecimiento simple (77.8 %), cuatro hábito ramificado con ramas cortas (11.1%) y cuatro de hábito ramificado con ramas largas (11.1%). Los cultivares de hábito ramificado con ramas largas proceden en su mayoría del Valle de Cochabamba, a diferencia de aquellos cultivares con ramas cortas, que proceden del Altiplano.

Respecto al color de la panoja a la floración (CPF), se observó cuatro colores distintos, seis cultivares tuvieron panojas de color verde, 28 color purpura, una de color variegado (mixtura) y una panoja de color rojo (Cuadro 4).

Cuadro 4.

Frecuencia y porcentaje de las variables cualitativas evaluadas. El Paso, Cochabamba, 2011.

Carácter ó Variable	Estado y significado	Frecuencia	Porcentaje (%)
1. Forma de panoja (FPA)	1 = Glomerulada	33	91.7
	2 = Amarantiforme	3	8.3
	3 = Intermedia	0	0
2. Habito de crecimiento (HCR)	1 = Simple	28	77.8
	2 = Ramificado con ramas cortas	4	11.1
	3 = Ramificado con ramas largas	4	11.1
3. Color de la panoja a la floración (CPF)	1 = verde	6	16.7
	2 = purpura	28	77.8
	3 = Variegado (mixtura)	1	2.8
	4 = rojo	1	2.8
4. Intensidad de color de panoja a la floración (ICPF)	1 = tenue	15	41.7
	2 = intenso	21	58.3
5. Presencia de axilas pigmentadas (PA)	1 = Ausentes	34	94.4
	2 = Presentes	2	5.6
	3 = No determinados	0	0
6. Forma de la hoja (FH)	1 = Triangular	3	8.3
	2 = Romboidal	33	91.7
7. Densidad de panoja (DP)	1 = Laxa	1	2.8
	2 = Intermedia	26	72.2
	3 = Compacta	9	25

8. Color de panoja a la madurez (CPM)	1 = Blanco 2 = Púrpura 3 = Rojo 4 = Rosado 5 = Amarillo 6 = Anaranjado	2 11 2 11 9 1	5.6 30,6 5.6 30.6 25 2.8
9. Color de pericarpio (CPC)	1 = Púrpura	1	2.8
	2 = Crema	10	27.8
	3 = Rojo	1	2.8
	4 = Amarillo claro	2	5.6
	5 = Rosado	6	16.7
	6 = Crema oscuro	7	19.4
	7 = Café claro	2	5.6
	8 = Crema suave	7	19.4
	9 = Amarilla	1	2.8
	10 = Negro	1	2.8
10. Apariencia del episperma (AEP)	1 = Vítreo 2 = Opaco	10 26	27.8 72.2
11. Forma de grano (FDG)	1 = Lenticular	21	58.3
	2 = Cilíndrico	1	1
	3 = Elipsoidal	13	36.1
	4 = Cónico	1	1
12. Presencia de saponina (PSN)	1 = Sin saponina 2 = Con saponina	9 27	25 75

Sobre la intensidad del color de la panoja a la floración (ICPF) se determinó que un 58.3 % de los cultivares presentaron coloración de panoja intensa y el 41.7% presentaron coloración tenue.

En la PA, se determinó que 34 cultivares (94.4%) no presentaron pigmentación en las axilas, en cambio solo dos cultivares (5.6%) presentaron pigmentación en las axilas. Esto al parecer se debe a la presencia del gen Ax que controla la pigmentación de las axilas y cuya intensidad, al igual que el color de la planta presenta diferentes intensidades dependiendo de los cultivares. La mayoría de las plantas caracterizadas presentarían un gen recesivo ax ax, que originaria la falta de pigmentación en las axilas.

En referencia a la FH, se observó que el 91.7% de los cultivares son de hojas de tipo romboidal (33 cultivares), mientras las triangulares representan solo el 8.3% (tres cultivares).

Por otra parte se determinó la DP, donde 26 (72%) cultivares presentaron una densidad de panoja intermedia, 9 (25%) cultivares fueron compactas y una (2.8%) fue laxa.

Respecto al CPM se observó seis colores distintos y llamativos, donde 11 cultivares tuvieron panojas de color purpura, 11 fueron de color rosado, nueve de color amarillo, dos de color rojo, dos de color blanco y una anaranjada (Cuadro 4).

Para el CPC se observó diez colores diferentes de pericarpio en todos los cultivares de quinua, donde el 27.8% de los cultivares tuvieron pericarpio crema, 19.4% crema – claro, 19.4% crema - oscuro, 16.7% rosado, 5.6% café claro y los colores restantes se expresaron en un 11.2%. El pericarpio es la primera capa que da el color al grano y es de naturaleza celulósica, impermeable al agua, la presencia de saponina tiene la función de hidrolizar las células y hacerlas permeables (Lescano, 1994).

En cuanto a la AEP, se observó 10 cultivares (27.8%) con episperma vítreo y 26 (72.2%) cultivares con episperma opaco. En las evaluaciones de campo es común denominar este carácter como "chullpi" que es el grano de episperma cristalino, translucido, o vítreo que permite diferenciar de los granos de carácter opaco (Gandarillas, 1979a). Esta diferenciación es importante debido a que el tipo de episperma este posiblemente ligado a la presencia o ausencia de la saponina del grano. No se encontró diferencias marcadas entre cultivares de Valles y Altiplano para este carácter.

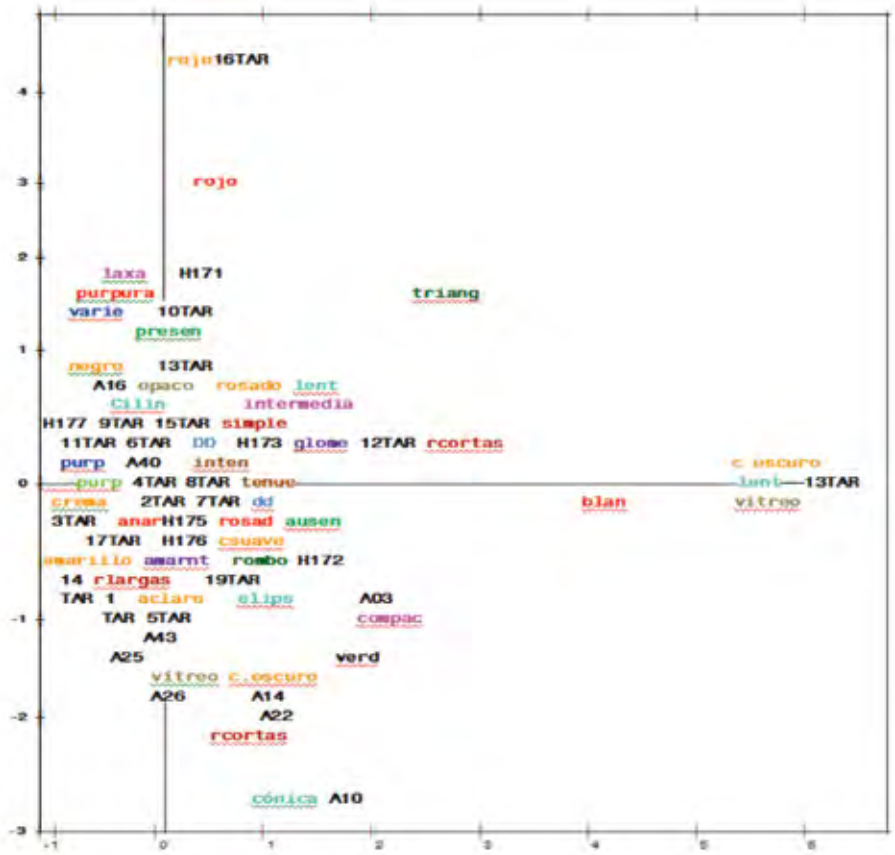
La FDG fue variable y se observó desde elipsoidal hasta lenticular. 21 (58.3%) cultivares fueron lenticulares, 13 (36.1%) cultivares elipsoidales, 1 (2.8%) cilíndrica y 1 (2,8%) cónica. Solo el tamaño de grano tiene importancia económica.

Finalmente la PSN fue también variable, observándose solo nueve cultivares con ausencia de saponina (dulce). Unas 27 cultivares mostraron alto contenido de saponina (amargo). Además del sabor amargo conferido por la saponina se observó que ésta forma espuma en soluciones acuosas y que tienen poder hemolítico. Es soluble en alcohol absoluto y otros solventes orgánicos. El contenido de saponina en quinua es heredable, siendo recesivo el carácter dulce. La saponina se ubica en la primera membrana. Su contenido y adherencia en los granos es muy variable y ha sido motivo de varios estudios y técnicas para eliminarla (Gandarillas, 1979b).

Análisis de correspondencia múltiple

El análisis de correspondencia mostró variabilidad genética dentro de los 36 cultivares de quinua (Figura 2). Aunque la mayoría de los cultivares se agruparon por características similares, existieron casos aislados como la accesión 16Tar que no se agrupó con otros cultivares por desarrollar panoja roja y color del pericarpio rojo, características únicas de este cultivar. De igual manera, los cultivares H171 y 10Tar que presentaron axilas pigmentadas y forma de hoja triangular formaron un grupo único separado del resto.

Dimensión 2 6.26%



Dimensión 9.31%

Figura 2.

Asociación entre estados de cada una de las variables cualitativas.

Otra accesión que se diferenció del resto fue la A10, particularmente por la forma cónica del grano. Así mismo la accesión 13Tar se caracterizó por poseer un pericarpio de color negro el cual es muy requerido en el mercado por la presencia de antioxidantes.

Agradecimientos. Se agradece el apoyo económico del proyecto "Fortaleciendo capacidades de innovación participativa para luchar contra la pobreza rural" (IP – Holanda).

Referencias citadas

Aramendiz H, Cabrales R, Robles J (2003) Caracterización del fríjol caupí (*Vigna unguiculata* (L) Walp) por su contenido de proteína. Revista Fitotecnia Colombiana 3(2): 29-35.

Aramendiz H, Cardona C, Robles J, Fernández C, Mejia J, Hernández J (2005) Caracterización agromorfológica de la caña flecha (*Gynerium sagittatum Aubl*). Revista Fitotecnia Colombiana. 5 (1):36-45.

Becerra V, Paredes M (2000) Uso de marcadores bioquímicos y moleculares en estudios de diversidad genética. Agricultura Técnica 60 (3): 270-281.

Bonierbale M, de Haan S, Forbes A (2008) Procedures for Standard evaluation trials of advanced potato clones in An International Coopertators' Guide. Internacional Potato Center, Lima-Perú. 124 p.

Bonifacio A (2001) Resistencia de quinua al mildiu. In: Cultivos Andinos. CD ROM/FAO, 2001. Roma, Italia.

CAF - CID, CLACDS – INCAE (2001) Caracterización y análisis de la competitividad de la quinua en Bolivia. Proyecto Andino de Competitividad, La Paz.

Campbell CL, Madden LV (1990) Introduction to plant disease epidemiology. John Wiley & Sons, NY, USA. 532 p.

Cayoja M (1996) Caracterización de variables continuas y discretas del grano de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) del banco de germoplasma de la Estación Experimental Patacamaya. Tesis Ing. Agr. Universidad Técnica de Oruro, Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias. Oruro, Bolivia pp 20-82.

Danielsen S, Ames T (2000) El Mildiu (*Peronospora farinosa*) de la Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en la zona Andina. Manual práctico para el estudio de la enfermedad y del patógeno. Lima Perú 61 p.

Franco TL, Hidalgo R (2003) Análisis Estadístico de Datos de Caracterización Morfológica de Recursos Fitogenéticos. Boletín técnico no. 8, Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI), Cali, Colombia. 89 p.

Gandarillas H (1979) Genética y origen: quinua y kañiwa, cultivos andinos. IICA Material educativo Nº 40 Bogotá – Colombia. pp. 20-29.

Gandarillas H (1979). Mejoramiento de la Quinua. En: La Quinua y la Kañiwa: Cultivos Andinos. M. TAPIA, (ed.). Centro Internacional de Investigación para el Desarrollo, Santafé de Bogotá. p. 65-82.

Jaramillo S, Baena M (2000) Material de apoyo a la capacitación en conservación *ex - situ* de recursos fitogenéticos. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos, Cali 210 p.

Lagos T, Criollo H, Ibarra A, Hejeile H (2003) Caracterización morfológica de la colección nariño de uvilla o uchuva *Physalis peruviana* L. Revista Fitotecnia Colombiana 3 (2):1-9.

Lescano JL (1989 Recursos fitogenéticos altoandinos y bancos de germoplas. In: Curso: "Cultivos altoandinos". Potosí, Bolivia. 17 - 21 de abril, pp 1-18.

López, FT, Hidalgo R (2003). Análisis Estadístico de datos de Caracterización morfológica de Recursos genéticos. Instituto internacional de recursos fitogenéticos Cali – Colombia. 89 p.

Martínez-Garza A (1988) Diseños experimentales: Métodos y elementos de teoría. Editorial Trillas, México D.F., México. 756 p.

Morejón R, Díaz S, Pérez N (2001) Aplicación de técnicas multivariadas en la clasificación morfoagronómica de genotipos de arroz obtenidos en la estación experimental "Los Palacios". Agricultura Sostenible 22(1):735-742

Pla L (1986) Análisis multivariado: Método de componentes principales. OEA, Washington, EE. UU. pp. 3-15.

Prohens J, Blanco J, Nuez F (2005) Morphological and molecular variation in a collection of eggplant from a secondary center of diversity: Implications for conservation and breeding . American Society for Horticutural Science 130 (1):54-63

Ramos S, Queiroz M (1999) Caracterizaçao morfológica: experiencia do BAG de cucurbitáceas da EMBRAPA Semiárido, com accesos de abóbora e moranga. Horticultura Brasileira 17:9-12

Revollo LM (2004) Variabilidad genética de cuatrocientos veintiún poblaciones de quinua real conservadas en el banco nacional de granos altoandinos. Tesis de grado, Carrera de ingeniería agronómica, facultad de ciencias Naturales y Medio Ambiente, Universidad Loyola. La Paz, Bolivia 99 p.

Robles J, Aramendiz H, LLano J, Arzuaga E (2004) Agrupamiento de la berenjena *(Solanum melongena*) según sus características vegetativas. Informe parcial trabajo de investigación. Universidad de Córdoba, Montería, 7p

Rojas W (1998) Análisis de la diversidad genética del germoplasma de quinua de Bolivia, mediante métodos multivariados. Tesis de Maestría. Universidad Austral de Chile, Escuela de Graduados de la Facultad de Ciencias Agrarias. Valdivia, Chile. 164 p.

Rojas W, Pinto M (2004). Descriptores para quinua, Fundación para la Promoción e Investigación en Productos Andinos (PROINPA) La Paz, Bolivia.Rojas W, Cayoja M, Espíndola G. Catálogo de colección de quinua conservada en el banco nacional de granos altoandinos. Fundación PROINPA, La Paz, Bolivia. 129 p.

SAS (2004) Institute Inc. SAS/STAT Users Guide, Version 9.2, Fourth Edition, Vol. 2, SAS Institute Inc., Cary, N.C.

SENAMHI (2013) *http://www.senamhi.gob.bo/* (Revisado: Abril 30, 2013)

Shanner G, Finney RN (1977). The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in knox wheat. Phytopathology 67: pp. 1051-1056.

SPSS (2006) Statistical Package for the Social Sciences.

Steel R, Torrie J (1988). Bioestadística: principios y procedimientos. 2da edición. México: McGrawHill.

Uriel E, Aldás J (2005) Análisis multivariante aplicado. Thomson, Valencia, España. 531 p.

Quinua de valle (*Chenopodium quinoa* Willd.): Fuente valiosa de resistencia genética al Mildiu (*Peronospora farinosa* Willd.)[1]

Julio Gabriel[1]; Nayra Luna[2]; Amalia Vargas[1]; Jury Magne[1]; Ada Angulo[1]; Jaime La Torre[2]; Alejandro Bonifacio[1].

[1] Fundación PROINPA.

[2] Facultad de Ciencias Agrícolas, Pecuarias, Veterinarias y Forestales "Martín Cárdenas", UMSS.

E-mail: j.gabriel@proinpa.org

Resumen

Con el objetivo de identificar cultivares de quinua resistentes a mildiu (***Peronospora farinosa***) de alto rendimiento y tamaño grande de grano, se evaluó 36 cultivares bajo dos tipos de control para mildiu y un testigo en el valle bajo de Cochabamba. Se determinó el Area Bajo la Curva de Progreso de ***Peronsopora farinosa*** relativa (ABCPPFrel), el rendimiento y otras 10 variables cuantitativas. Los resultados mostraron que los cultivares 01Tardía, 08Tardía, 12Tardía, 04Tardía, 11Tardía 10Tardía, 19Tardía y 18Tardía fueron susceptibles y los cultivares H172, A26, A03, A16, A22, A14 y H171 fueron los más resistentes. Los cultivares A40, H177, A26, H172, A25, A1 y H176 mostraron rendimientos entre 3.4 a 6.34 t ha^{-1}. Los cultivares 15Tardía, 03 Tardía, 14 Tardía, H173, H171, A25, H176 y H172 con la estrategia de control químico y con el tricobal reaccionaron favorablemente contra el mildiu, lo cual fue asociado a los niveles de resistencia en cada cultivar. Finalmente, hubo una alta correlación negativa y significativa entre el ABCPPFrel y las variables madurez fisiológica, longitud de planta, longitud de panoja, diámetro de tallo, diámetro de panoja y peso de 100 semillas.

Palabras clave: Grano; cultivares; área bajo la curva de progreso de ***Peronospora farinosa*** relativa; rendimiento; diámetro de semilla.

1 Este documento es un resumen del trabajo original publicado en la Revista J Selva Andina Res Soc (2012); 3 (2): 27-44

Introducción

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) es un cultivo nativo de la región Andina. La mayoría de los investigadores coinciden en indicar que la quinua es originaria del altiplano que comparten Perú y Bolivia, ya que en dichas áreas se encuentra la mayor diversidad de plantas cultivadas y parientes silvestres (Gandarillas 1979, Muñoz *et al*. 1990). El cultivo de la quinua es importante por sus altos valores nutricionales, con un contenido de proteína promedio de 17% (López 1976). Debido al elevado y balanceado contenido de aminoácidos esenciales de su proteína, la quinua es considerada como uno de los alimentos del reino vegetal que provee todos los aminoácidos esenciales (FAO 2011).

A nivel mundial, la demanda de quinua por su alto valor nutricional alcanza a 70000 t año^{-1}. Esta demanda de quinua es sostenida por más de 51 países, donde el 90% está producido en la región Andina (FAO 2011). Los principales productores de este grano son: Bolivia, Perú, Ecuador, y Colombia. Bolivia cuenta con más de 47534 ha cultivadas y alrededor de 21900 t cosechadas (FAO 2011), de las cuales el 49% es consumida por las familias productoras, el 35% se vende en los mercados locales y el resto (3500 t) es para los mercados externos, constituyéndose así como el primer productor y exportador de quinua en el mundo (Viñas 2000).

En Bolivia se dispone de una colección de germoplasma de quinua conformada por 3121 cultivares que se conservan en el Banco Nacional de Germoplasma de Granos Altoandinos (BNGA). Esta amplia variabilidad genética comprende quinuas de gran parte de la región Andina, desde el Ecuador hasta el noroeste de Argentina, así como también quinuas de nivel de mar cultivadas en Chile y países de Europa. Esta amplia variabilidad que incluye cultivares avanzados, cultivares locales, especies silvestre y formas regresivas, constituye una relevante contribución a la estabilidad del cultivo en el país y en gran parte de la región Andina (Rojas 1998). El BNGA actualmente está bajo la custodia del Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF) (Rojas *et al*. 2010).

En Cochabamba, la producción del cultivo de quinua se distribuye principalmente en las provincias de Quillacollo, Punata, Tiraque, con un rendimiento de 0.5 a 0.7 t ha^{-1}. (IBTA 1987).

Sin embargo, la producción de quinua es afectada por diversos factores abióticos (heladas, sequia, granizada) y bióticos (plagas y enfermedades). Ortiz (1998), menciona que entre las plagas que causan daño en las quinuas están los cortadores de plantas tiernas *(Feltia experta),* minadores y destructores del grano (*Scrobipalpula spp.*), picadores y chupadores (*Franklieniella spp.*) y masticadores y defoliadores (*Epicauta latitarsis*). Entre las enfermedades una de las más importantes es el mildiu causado por el oomycete *Peronospora farinosa F. sp*. *Chenopodii*, que en lugares donde hay alta humedad relativa y temperaturas entre 12 a 22°C, puede causar grandes pérdidas (Alandia 1979, Otazú *et al*. 1976, Ochoa y Danial 1999). Además de que su control es costoso, afecta a la salud del hombre y causa contaminación ambiental. Alandia *et al*. (1979) y Danielsen & Ames

(2000) encontraron que el mildiu bajo condiciones de alta presión de la enfermedad redujo los rendimientos de 33 a 58% en varios cultivares de quinua (LP-4B, La Molina 89, Blanca de Juli, Kancolla, Jujuy, Amarilla de Maranganí e Ingapirca). Utusaya, cultivar del altiplano Sur de de Bolivia, fue el más afectado con una pérdida de 99%.

Se conoce que la mayoría de los cultivares de quinua del altiplano son susceptibles al mildiu. Los cultivares de quinua de los valles que son sembrados por los agricultores como cultivos de contorno en sus parcelas, tienen resistencia variable a la enfermedad (mildiu), sobre las cuales poco o nada se conoce (Mujica 1988).

Con el fin de controlar a la enfermedad, los agricultores han utilizado tradicionalmente fungicidas en base a metalaxil. Sin embargo, los fungicidas son costosos, requieren múltiples aplicaciones, y finalmente, pueden ser superados por razas resistentes, ya que el patógeno es sexualmente recombinante (Aegerter *et al* 2002, Thomma 2003). Además, incrementan los costos de producción y afectan a la salud de los agricultores y al medioambiente (Gabriel 2010).

Para desarrollar cultivares resistentes al mildiu, existe una gran diversidad genética de cultivares de quinua que exhiben diversos grados de resistencia (Mujica 1988). Por ejemplo, los cultivares de valle que crecen en regiones donde la humedad es alta y la enfermedad está muy extendida, a menudo muestran resistencia alta a moderada al mildiu; mientras que en el sur del altiplano, los cultivares que crecen en estas regiones más secas muestran una mayor susceptibilidad (Alfano & Collmer 1997, Tapia 1979). Si se dispusiera de cultivares resistentes se podría reducir el número de aplicaciones de fungicidas y lograr mejores rendimientos. Al mismo tiempo, la fertilización es importante para que las plantas sean más vigorosas y puedan resistir el ataque de enfermedades.

Por otra parte, Gabriel (2010) sugiere que la mejora genética de cultivares en función de su adaptación a nichos particulares tiene mayores ventajas y oportunidades de adopción, que el desarrollo de un único cultivar para varios ambientes, por lo que la estrategia debería estar dirigida a generar cultivares para nichos particulares.

El objetivo de la presente investigación fue identificar cultivares de quinua resistentes a mildiu (*Peronospora farinosa*) de alto rendimiento y tamaño grande de grano y generar una estrategia de combate.

Materiales y métodos

La investigación se realizó en el año agrícola 2010–2011 en predios de la Fundación PROINPA en la zona de El Paso a 15 km de la ciudad de Cochabamba en la provincia de Quillacollo, ubicado a 17° 18' de latitud Sud y 66° 14' de longitud Oeste, a una altitud de 2540 msnm. La precipitación media anual es de 560.9 mm, la temperatura media anual es de 18ºC, con una máxima 38.6ºC y una mínima 9.3ºC y la humedad relativa media anual es de 64% (SENAMHI 2010).

Se utilizó 36 cultivares de quinua para valle (16 cultivares del Altiplano de La Paz y 20 de los Valles de Cochabamba).

La parcela se estableció en un diseño experimental de Bloques Completos al Azar en arreglo de Parcelas Divididas con cuatro repeticiones. Las repeticiones fueron sembradas escalonadamente cada siete días, para bloquear el efecto de época y así evitar la posible variación de las condiciones ambientales (Martinez-Garza 1988). Los cultivares en cada repetición fueron distribuidos aleatoriamente.

Los tratamientos fueron la combinación de dos factores: Factor A: 36 cultivares de quinua y Factor B: Tres tratamientos de control al mildiu [T1 = Testigo, sin aplicación; T2 = Tratamiento con un bioinsumo mediante aspersión al suelo con una mochila Jacto, Argentina de 20 L al momento de la siembra (tricobal a una dosis de 1 L/25 L de H_2O potable) y T3 = Estrategia de control químico mediante aspersión con una mochila Jacto, Argentina de 20 L (Metalaxyl a una dosis de 10g/5 L y Cimoxanil a una dosis de 20 g/7 L)]. El pesaje de los fungicidas se realizó con una balanza Kern KB, modelo Kb 600-2, Alemana. Se aplicó el Metalaxyl (sistémico) intercalado con el Cimoxanil (contacto) en tres oportunidades cada 15 días, tal como lo recomiendan Navia *et al.* (1996) y Fernandez-Northcote *et al*. (1999). En cada aplicación se utilizó un adherente químico, para evitar el lavado por la lluvia. Las parcelas principales fueron los tratamientos para el control del mildiu (*P. farinosa* Willd.) y la sub-parcela lo constituyeron los 36 cultivares de quinua.

El Tricobal es un producto conjugado de cepas nativas de *Trichoderma harzianum*, *T. koningiopsis*, *Basillus subtilis y B. amyloliquefaciens*, aisladas de diferentes zonas de Bolivia en los laboratorios de microorganismos de la Fundación PROINPA y actúa como protector de enfermedades de suelo, promotor de crecimiento, activa la resistencia natural de la planta y el enraizamiento (Ortuño *et al.* 2010).

Las unidades experimentales estuvieron constituidas por un surco de 2 m de longitud con 20 plantas a 0.20 m. Cada unidad experimental tuvo una superficie de 28.8 m^2. En cada unidad experimental se marbeteó tres plantas seleccionadas al azar de cada surco central, al 50% de botón floral al inicio de panojamiento y a 0.20 m de altura de planta.

La semilla que se empleó correspondió a una densidad de 8 kg ha^{-1} en surcos y a chorro continuo.

Se realizó el raleo de plantas a una distancia entre 0.10 a 0.12 m cuando las plantas alcanzaron 0.20 m de altura de planta. Se hizo tres deshierbes (el primero al 50% de emergencia de las plantas, el segundo cuando las plantas tenían 0.20 m de altura y el tercero en el estado de botón floral o inicio de panojamiento) y dos aporques antes de la floración. Se aplicó urea (con 46% de N) al primer aporque en una dosis de 350 kg ha^{-1} y se eliminó las plantas atípicas en cada surco durante la floración.

La cosecha, el trillado y venteo se realizó cuando el grano alcanzó la madurez fisiológica. El secado de panojas se hizo hasta alcanzar 12% de humedad. Luego los glomérulos

fueron guardados en sobres manila de 25 x 40 cm, registrando el nombre del cultivar, el tratamiento y la fecha de cosecha. El trillado se realizó manualmente a mano, frotando las panojas durante el tiempo que fuera necesario para que los granos se separen de la broza. Finalmente, se efectuó el venteo durante 10 a 15 min con una ventiladora eléctrica Phillips, holandesa para eliminar todo tipo de impurezas presentes en las semillas, para luego ser almacenadas a temperatura de 5°C y HR de 5%.

Variables de respuesta

Fueron consideradas las siguientes variables de respuesta:

Severidad de infección. Se evaluó el porcentaje de área foliar afectada por mildiu (*Peronospora farinosa*) (Danielsen & Ames 2000) en tres hojas obtenidas aleatoriamente del tercio medio superior de plantas. Para el análisis de la resistencia de los cultivares, se determinó El Area Bajo La Curva de Progreso de *P. farinosa* total en porcentaje – días (ABCPPF) con la fórmula desarrollada por Shanner y Finney (1977). Para comparar los cultivares se cálculo el Area Bajo la Curva de Progreso de *P. farinosa* relativa (ABCPPFrel), dividiendo el ABCPPF total entre el área máxima alcanzada (Campbell & Maden 1990, Bonierbale *et al*. 2008).

Rendimiento. Se evaluó el peso de los granos por tratamiento de control, accesión y repetición; y luego se transformó a t ha^{-1}, según la longitud del surco y la distancia entre surcos contiguos.

Variables de caracterización. Se utilizó los descriptores de quinua de Rojas & Pinto (2004). Para esto se consideró 10 variables cuantitativas (Cuadro 1): Porcentaje de floración (días) (%FL), madurez fisiológica (días) (FMF), longitud de planta (cm) (AAP), longitud de panoja (cm) (ILO), diámetro de tallo (mm) (TDM), diámetro de panoja (cm) (IDE), peso de 100 semillas (g) (GPE), diámetro de grano (mm) (GDI), espesor de grano (GFO) (mm) y porcentaje de emergencia (%E).

Los datos de cada una de las variables de respuesta fueron analizados, previa comprobación de los supuestos de normalidad (cuando la distribución no se aproximo a la normal, se realizaron transformaciones) y homogeneidad de varianzas, de acuerdo al modelo estadístico planteado (Martínez-Garza 1988).

Sobre la base del modelo definido se realizaron análisis de varianza para probar hipótesis acerca de los efectos fijos y comparaciones de medias mediante contrastes de un grado de libertad para determinar los cultivares resistentes y de alto rendimiento, así como el método de control para estas variables de respuesta. El análisis de varianza también sirvió para estimar los componentes de varianza para los efectos aleatorios. Para los análisis se uso el Proc GLM de SAS (SAS 2004).

Finalmente se hizo un análisis de correlación (coeficiente de Pearson) para conocer el grado de asociación existente entre el ABCPPFrelativa con las diferentes variables sin afectar la relación presente entre unidades (cm, mm, g y días) (Franco & Hidalgo 2003).

Resultados y discusión

Análisis de la resistencia al mildiu

El análisis de varianza (Cuadro1), mostró diferencias visibles al 1% de probabilidad (Pr<0.01) para bloques (blo), tratamientos (trat), la interacción blo * trat, cultivar (cult) y la interacción trat * cult. El análisis mostró un C.V. de 21% y un R^2 de 91%. Los análisis de probabilidad realizados indicaron que las severidades observadas en al menos uno de los tratamientos y en al menos uno de los cultivares fueron diferentes. Las interacciones significativas al 1% de probabilidad indicaron que los efectos de blo y trat no son independientes, de la misma manera ocurrió con los efectos de trat y cult que tampoco fueron independientes.

Cuadro 1.

Análisis de varianza para 36 cultivares de quinua (Chenopodium quinoa Willd.) evaluados bajo dos tipos de control al mildiu (Peronospora farinosa Willd.). El Paso, Cochabamba, 2011.

FV	gl	SC	CM
Total	288	10.22	
Bloque (blo)	3	0.91	0.30**
Trat	2	4.91	2.45**
blo * trat	4	0.48	0.12**
Cultivar (cult)	35	1.32	0.04**
trat * cult	46	0.67	0.01**
Error	198	0.89	0.004
C.V.	21.19		
R^2	0.91		

Leyendas - FV: Fuente de Variación, gl: grados de libertad, SC: Suma de Cuadrados Medios, CM: Cuadrados medios, **: Notable al Pr<0.01 de probabilidad.

La comparación de medias entre T1, T2 y T3 (Figura 1), mostró diferencias significativas 1% de probabilidad entre los tres tratamientos. El más afectado hasta el nivel letal fue el T1 (testigo) y el menos afectado fue el T3 (estrategia química).

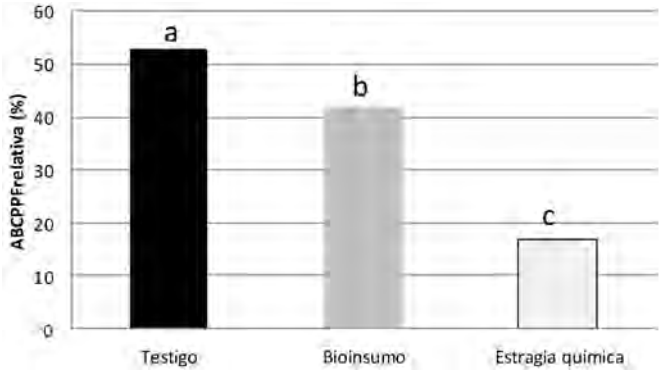


Figura 1.
ABCPPFrel para mildiu (P. farinosa* Willd.*) en 36 cultivares de quinua bajo tres tratamientos. Valores con la misma letra no son notablemente diferentes al 1% de probabilidad. Testigo, sin ninguna aplicación. Bioinsumo, aplicación con tricobal a la siembra. Estrategia química, Aplicación de fungicida sistémico y de contacto en al menos tres oportunidades.

Por otra parte comparando las medias del ABCPPFrel de los cultivares mediante la prueba de tukey al 1% de probabilidad (Figura 2), se observó diferencias signficicativas para el ABCPPFrel, donde el cultivar 05Tardía fue el más susceptible (ABCPPFrel = 46%) y los cultivares 01Tardía, 08Tardía, 12Tardía, 04Tardía, 11Tardía 10Tardía, 19Tardía y 18Tardía fueron susceptibles (ABCPPFrel = 39 a 42%). Los cultivares H172, A26, A03, A16, A22, A14 y H171 fueron los más resistentes (ABCPPFrel = 39 a 42%). De igual manera se observó una amplia variabilidad de resistencia parcial en todas los demás cultivares (ABCPPFrel = 20 a 38%).

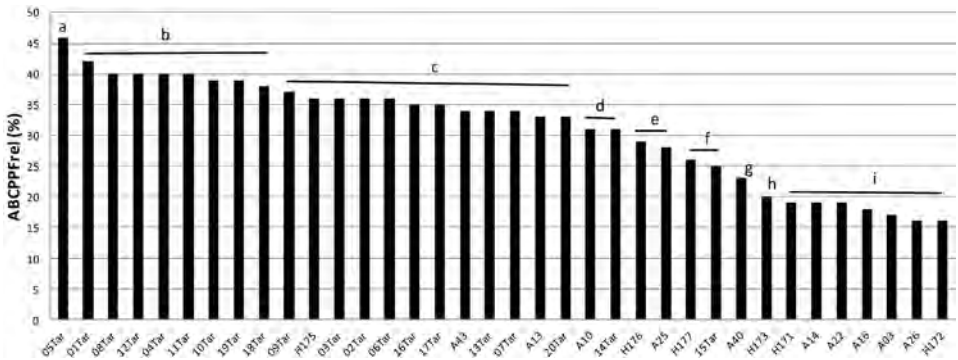


Figura 2.
ABCPPFrel en 36 cultivares de quinua (Ch. quinoa* Willd.*) de valle y altiplano. El Paso, 2011.Valores con la misma letra no son notablemente diferentes al 1% de probabilidad.

Análisis del rendimiento

Se debe mencionar que para el análisis de rendimiento no se consideró el T1 (sin aplicación), debido a que todas las plantas de los cultivares evaluados murieron y no se logró cosechar ni un solo grano.

El análisis de varianza (Cuadro 2) para porcentaje de emergencia (PE), rendimiento (Y) y peso de 100 semillas (P100sem), mostró C.V. de 19.38%, 17.79% y 19.29%; y valores de R^2 de 0.41, 0.61 y 0.70 respectivamente. Así mismo, se observó diferencias significativas al 1% de probabilidad para trat y cult en la variable Y y para cult y la interacción trat*cult en la variable P100. La interacción trat * cult, indicó que ambos factores nos son independientes.

Cuadro 2.

Análisis de varianza para y porcentaje de emergencia (PE), rendimiento (Y), peso de 100 semillas (P100sem) de 36 cutivares de quinua (Ch. quinoa* Willd.*) evaluados bajo dos tipos de control de mildiu (P. farinosa* Willd.*). El Paso, Cochabamba, 2011.

FV	gl	Cuadrados medios		
		PE	Y	P100sem
Total				
Bloque	3	9.36	3.38	1698338.07
Tratamiento (trat)	1	1.65	1.12**	1272360.96
Cultivar (cult)	35	8.14	1.12**	6693143.25**
trat * cult	35	6.24	2.61	1837434.14**
Error	185	37.37	7.45	5034196.71
C.V.		19.38	17.79	17.29
R^2		0.41	0.61	0.70

Leyendas – FV: Fuente de Variación, gl: grados de libertad, PE: Porcentaje de emergencia (%), Y: Rendimiento ($t*ha^{-1}$), P100sem: Peso de 100 semillas, **: Notable al Pr≤0.01 de probabilidad, C.V.; Coeficiente de Variación, R^2: Coeficiente de determinación.

Aun cuando no se observó diferencias obvias en el análisis de varianza del PE fue conveniente realizar una comparación múltiple de medias (Figura 3) la cual mostró diferencias visibles al 1% de probabilidad, observándose dos grupos claramente diferenciados, en uno se mostró un PE que varía entre 15 a 30%, y en el otro grupo varío entre 31 a 60%.

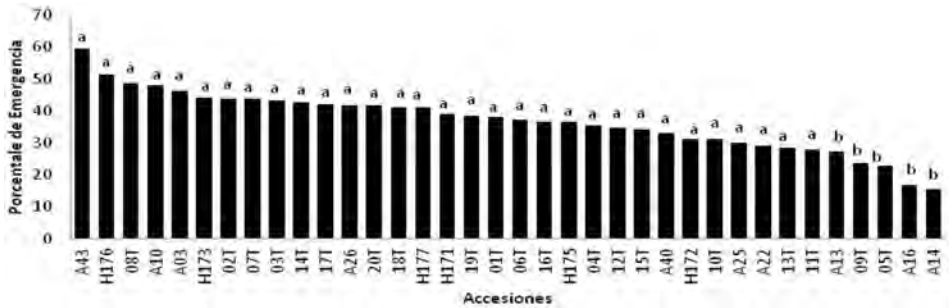


Figura 3.

Porcentaje de emergencia (PE) en 36 cultivares de quinua (Ch. quinoa* Willd.*). El Paso, 2011.

El análisis de medias para Y (t ha^{-1}) (Figura 4) mostró diferencias significativas al 1% de probabilidad estadística entre los cultivares A40, H177, A26, H172, A25, A10,H176 y A03 que tuvieron los rendimientos más altos (Y= 3.4 a 6.34 t ha^{-1}). El otro grupo mostró rendimientos moderados a bajos (Y = 0.74 a 3 t ha^{-1}) y no hubo diferencias palpables entre ellos.

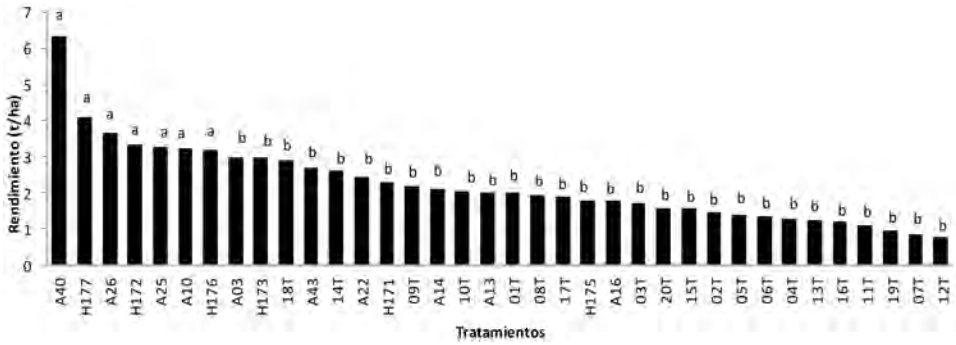


Figura 4.

Rendimiento de grano (t ha^{-1}) de 36 cultivares de quinua (Ch. quinoa* Willd.*). El Paso, 2011.

La comparación de las medias de rendimiento (Y) para el T2 (bioinsumo) y T3 (estrategia de control químico) (Figura 5) mostró diferencias significativas dentro de cada cultivar, en tanto algunos cultivares como H171, H176, 14 Tardía, 03 Tardía y 15 Tardía no mostraron diferencias en Y. Otros cultivares como A03, 18Tardía, A22, H171 y A16 se comportaron mejor en Y con el bioinsumo que con la estrategia química.

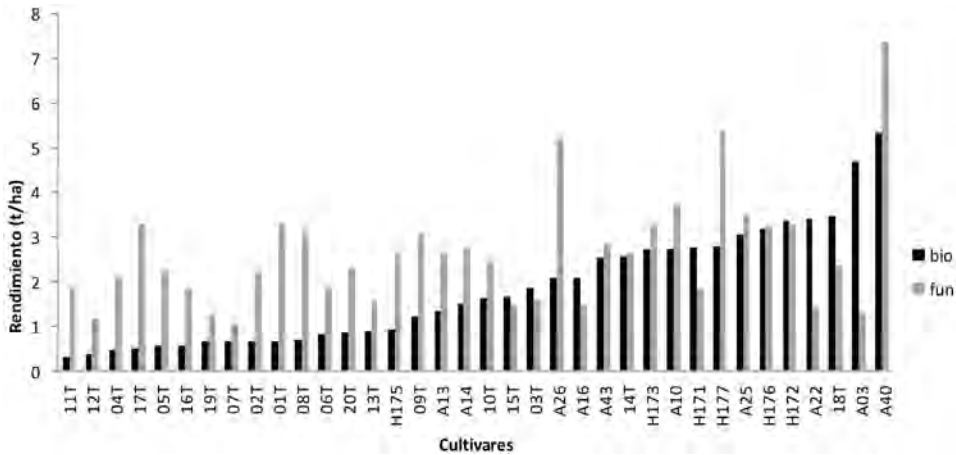


Figura 5.

Rendimiento (t ha^{-1}) de 36 cultivares de quinua (Ch. quinoa* Willd.*) con la aplicación de dos tipos de control de mildiu (P. farinosa* Willd.*). El Paso, Cochabamba, 2011.

Respecto al peso de 100 semillas, la comparación de medias (Figura 6) mostró diferencias significativas al 1% de probabilidad, denotándose tres grupos claramente diferenciados. Un primer grupo compuesto por los cultivares 05Tardía, 09Tardía, 08Tardía, 01Tardía, 02Tardía, 04Tardía y 07 Tardía mostraron un P100sem entre 34 a 35 g. Un segundo grupo mostró un P100sem entre 20 a 33 g y finalmente un tercer grupo mostró un P100sem entre 25 a 32 g. En el trabajo de campo se observó que el peso de los granos (g) fue influenciado directamente por el desarrollo del follaje, es decir, a mayor follaje menor tamaño y peso de grano, esto indicó que bajó la calidad del grano.

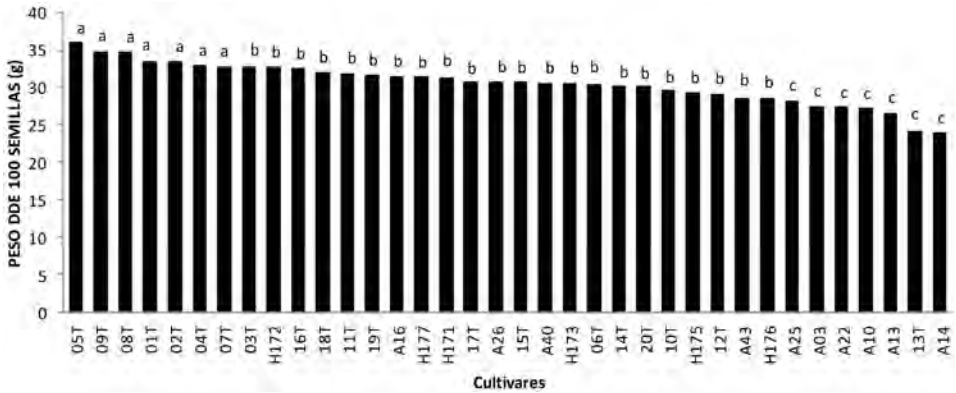


Figura 6.

Peso de 100 semillas (g) de 36 cultivares de quinua (Ch. quinoa* Willd.*). El Paso, 2011.

Se observó que los cultivares 13Tar, A14, A13, A22 y A10 fueron las que tuvieron mayor P100sem con la aplicación del fungicida (Figura 7). En cambio, los cultivares 5Tar, 08Tar, 09Tar y H12, tuvieron P100sem más bajos con la aplicación de bioinsumo.

El Cuadro 3, muestra una matriz con las correlaciones de Pearson entre el ABCPPFrel con las demás variables cuantitativas. Hubo una alta y negativa correlación entre AAP y ABCPPFrel (r=-0.58).

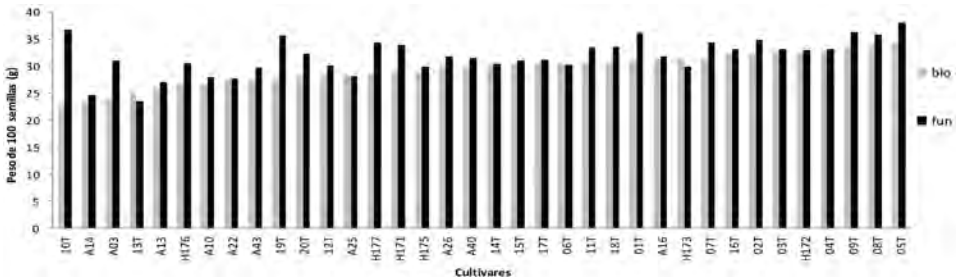


Figura 7.

Peso de 100 semillas (gr) de 36 cultivares de quinua (Ch. quinoa* Willd.*) con la aplicación de dos tipos de control de mildiu (P. farinosa* Willd.*). El Paso, 2011.

Cuadro 3.

Correlaciones de Pearson entre la variable ABCPPFR y las variables cuantitativas evaluadas.

	FL	FMF	AAP	ILO	TDM	IDE	GPE	Y	GDI	GFO	ABCPPFR
ABCPPFR	- 0,41	**- 0,58****	**- 0,58****	- 0,37	**- 0,63****	-0,48	**0,50****	- 0,38	- 0,12	0,45	1

Leyendas: F%L: 50 % de floración (días), FMF: Madurez fisiológica (días), AAP: Longitud de planta (cm) ILO: Longitud de panoja (cm), TDM: Diámetro de tallo (mm), IDE: Diámetro de panoja (cm), Y: rendimiento, GPE: Peso de 100 semillas (g), GDI: Diámetro de grano (mm), GFO: Espesor de grano (mm), ABCPPFrel: Área de progreso del mildiu. *: Notablemente diferentes al 5% de probabilidad, **: Notablemente diferentes al 1% de probabilidad.

En los cultivares evaluadas, las plantas con menor altura poseen panojas pequeñas y de menor diámetro, menor diámetro de tallo, menor rendimiento y mayor susceptibilidad al mildiu y del mismo modo, las plantas más altas tuvieron mayor longitud y diámetro de panoja, mayor diámetro de tallo, mayor rendimiento y resistencia al mildiu.

El ABCPPFrel de mildiu se correlacionó negativamente con la variable fenológica FMF (r = -0.58) y con las variables morfológicas AAP (r = -0.58) y TDM (r = -0.63). Se correlacionó positivamente con la variable de grano GPE (r=0.50). Esto indicaría que hay una relación inversamente proporcional entre la resistencia al mildiu y las variables mencionadas. Esto significa que los cultivares resistentes a mildiu fueron tardías, altas, con tallos gruesos y con menor peso de 100 semillas (cultivares de Valle). Por otra parte, los cultivares susceptibles serían aquellas precoces, con tallos delgados, menor altura de planta y mayor peso de 100 semillas (cultivares de Altiplano).

En nuestro estudio hemos observado que los cultivares tardíos fueron altamente resistentes al mildiu y los cultivares precoces fueron susceptibles, esto conformó lo observado por Bonifacio y Saravia (1999). También encontramos que los cultivares de Valle fueron altamente resistentes, contrariamente los cultivares de Altiplano que fueron susceptibles, confirmando los resultados encontrados por Danielsen & Ames (2000). Se debe destacar que en el estudio se encontró una amplia variabilidad en la resistencia al mildiu, indicando esto una complejidad en la que probablemente están involucrados genes mayores, menores y genes R vencidos (Parlevliet 1997; Gabriel *et al*. 2007). Al respecto Alandia *et al*. (1979), encontraron un rango amplio de susceptibilidad frente al mildiu en condiciones de la Estación Experimental de Patacamaya en Bolivia encontrando infecciones sistémicas, lesiones foliares casi completas y hasta alto grado de resistencia. Bonifacio (1997), menciona que estos hechos se explican en términos de evolución y domesticación de la especie, puesto que durante este proceso, las condiciones del medio ambiente era favorable para la presencia del mildiu donde sólo los tipos de quinua con mayor resistencia han sobrevivido y han perdurado en el tiempo.

Una contribución importante de nuestro trabajo fue el hecho de encontrar cultivares resistentes que tuvieron igual comportamiento frente a *P. farinosa* (mildiu) cuando fueron tratados con tricobal y con la estrategia de control químico, que se reflejó en el rendimiento. Esto está indicando que algunos cultivares resistentes tuvieron rendimientos moderados a altos aplicando el tricobal (bioinsumo), aunque esto no fue una regla general.

Fue notorio también observar que los cultivares resistentes tuvieron menor diámetro (tamaño de semilla), confirmando lo mencionado por Bonifacio (1997), que al evaluar líneas resistentes al mildiu durante dos ciclos de selección, identificó material con buen nivel de resistencia al mildiu, pero asociada al ciclo tardío y al tamaño de grano pequeño, los que es poco favorables para el altiplano y escasamente preferidos en el mercado.

La alta correlación negativa y significativa entre el ABCPPrel y las variables FMF: Madurez fisiológica (días), AAP: Longitud de planta (cm) ILO: Longitud de panoja (cm), TDM: Diámetro de tallo (mm) , IDE: Diámetro de panoja (cm) y GPE: Peso de 100 semillas (g), está indicando que estas variables son fuertemente afectadas por el mildiu, es decir cuando el ataque del mildiu es severo, afecta directamente a la FMF, a la AAP, a la ILO, al TDM y al IDE y al GPE. Por lo tanto afectan al rendimiento. Esto concuerda con lo observado por diversos investigadores (Otazú et al 1976, Bonifacio 1997, Bonifacio & Saravia 1999, Danielsen & Ames 2000, Ochoa *et al.* 1999).

Agradecimientos. Se agradece el apoyo económico del proyecto "Fortaleciendo capacidades de innovación participativa para luchar contra la pobreza rural" (IP – Holanda).

Referencias citadas

Aegerter BJ, Nuñez JJ, Davis RM. Detection and Management of Downy Mildew in Rose Rootstock. Plant Dis. 2002; 86(12):1363-1368.

Alandia S. Enfermedades. Páginas 137-144 *in* Quinua y kanihua. Cultivos Andinos. Tapia et al. (ed.). IICA, Bogotá, Colombia. 1979.

Alfano JR & Collmer A. The type III (Hrp) secretion pathway of plant pathogenic bacteria: Trafficking harpins, Avr proteins, and death. J Bacteriol. 1997; 179: 5655-5662.

Bonierbale M, De Haan S, Forbes A. Procedures for standard evaluation trials of advanced potato clones. In: An international cooperators' guide. International Potato Center, Lima, Peru. 2008; 124 pp.

Bonifacio A & Saravia R. Evaluación de la resistencia al mildiu en quinua. In: Proceedings of the Tercer Taller de Preduza en Resistencia Duradera en Cultivos Altos en la Zona Andina, 27–29 de Septiembre de 1999. Cochabamba, Bolivia. 1999; p. 49–59.

Bonifacio A. Mejoramiento de la quinua para resistencia a factores adversos en Bolivia. Páginas 75-78 *in* Primer Taller de PREDUZA en resistencia duradera en cultivos altos en la zona andina. Daniel Danial (Ed.). Proyecto de Resistencia Duradera en la Zona Andina, PREDUZA. Quito, Ecuador. 1997.

Campbell CL & Madden LV. Introduction to plant disease epidemiology. John Wiley & Sons, NY, USA. 1990; 532 p.

Danielsen S & Ames T. El mildiu (*Peronospora farinosa*) de la quinua (*Chenopodium quinoa*) en la zona andina. Centro Internacional de la Papa, Lima, Peru. 2000; 32 p.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). Under-utilized Andean food crops. Latin America and the Caribbean, Rome, Italy. 2011.

Fernandez-Northcote EN, Navia O, Gandarillas A. Bases de las estrategias de control químico del tizón tardío de la papa desarrolladas por PROINPA en Bolivia. Revista Latinoamericana de la Papa, Perú. 1999; 11:1-25.

Franco TL & Hidalgo R (eds.). Análisis Estadístico de Datos de Caracterización Morfológica de Recursos Fitogenéticos. Boletín técnico no. 8, Instituto Internacional deRecursos Fitogenéticos (IPGRI), Cali, Colombia. 2003; 89 p.

Gabriel J, Coca A, Plata G, & Parlevliet JE. Characterization of the resistance to *Phytophthora infestans* in local potato cultivars in Bolivia. Euphytica (Netherlands). 2007; 153: 321-328.

Gabriel J. Documento marco: Estrategias y perspectivas del mejoramiento genético de papa (*Solanum tuberosum* L.) en Bolivia. ISBN: 978-99954-743-2-4, Fundación PROINPA, Cochabamba, Bolivia. 2010; 60 p.

Gandarillas H. Mejoramiento de la Quinua. En: La Quinua y la Kañiwa: Cultivos Andinos. M. Tapia (ed.). Centro Internacional de Investigación para el Desarrollo, Santafé de Bogotá. 1979; p. 65-82.

IBTA. Curso de Cultivos. Programa Andes Altos – IICA. IBTA / DNS. Catalogo de variedades mejoradas de quinua y uso de Semilla certificada. IBTA, Regional LP / DNS, oficina y laboratorio de semilla, La Paz, Bolivia. 1987; 20 p.

López J. La calidad de la proteína en la Quinua, (*Chenopodium quinoa Willd*). Biblioteca del Centro Internacional de la Papa. Lima, Perú. 1976.

Martinez-Garza A. Diseños experimentales: Métodos y elementos de teoría. Editorial Trillas, México D.F., México. 1988; 756 p.

Mujica A. Parámetros genéticos e índices de selección en quinua *(Chenopodium quinoa* Willd.). Tesis de Doctor en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Centro de Genética. Montecillos, México. 1988; 122p.

Muñoz L, Monteros C y Montesdeoca P. A cocinar con quinua. EE. Santa Catalina, INIAP. Quito, Ecuador. Publ. Miscl. 1990; 55: 7-120.

Ochoa J & Danial D. Manejo de patógenos especializados en el mejoramiento genético de plantas para resistencia a enfermedades. In: Curso sobre aspectos técnicos en el manejo de los patosistemas de cultivos altos. 1999; 17-31 p.

Ochoa J, Frinking HD & Jacobs Th. Postulation of virulence groups and resistance factors in the quinoa/ downy mildew pathosystem using material from Ecuador. Plant Pathology. 1999; 48:425–430.

Ortiz R. Resistencia a factores adversos y parasitoides controladores biológicos de "q'hona q'hona" (*Eurysacca melanocampta* Meyrick) en manejo integrado de plagas en el cultivo de quinua. Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú. 1998; 20 p.

Ortuño N, Navia O, Meneces E, Barja D, Villca S. Catálogo de bioinsumos: para mejorar la productividad de los cultivos ecológicos y convencionales. Fundación PROINPA, Cochabamba, Bolivia. 2010; 42 p.

Otazú V, Aguilar PC & Canahua A. Resistencia en quinua (*Chenopodium quinoa*) al mildiú *Peronospora effusa*). Fitopatología. 1976; 11:47–49.

Parlevliet JE. Resistencia durable a patógenos y como mejorar por este tipo de resistencia. *In*: Primer Taller de PREDUZA en resistencia duradera en cultivos altos en la zona andina. Daniel Danial (Ed.). Proyecto de Resistencia Duradera en la Zona Andina, PREDUZA. Quito, Ecuador. 1997; 1-16 p.

Rojas W & Pinto M. Descriptores para quinua, Fundación para la Promoción e Investigación en Productos Andinos (PROINPA) La Paz, Bolivia.Rojas W, Cayoja M, Espíndola G. Catálogo de colección de quinua conservada en el banco nacional de granos altoandinos. Fundación PROINPA, La Paz, Bolivia. 2004; 129 p.

Rojas W, Pinto M, Bonifacio A & Gandarillas A. Banco de Germoplasma de Granos Andinos. In: W. Rojas, M. Pinto, JL. Soto, M. Jagger y S. Padulosi (eds). Granos Andinos: Avances, logros y experiencias desarrolladas en quinua, cañahua y amaranto en Bolivia. Bioversity International, Roma, Italia. 2010; p 24-38.

SAS Institute Inc. SAS/STAT Users Guide, Version 9.2, Fourth Edition, Vol. 2, SAS Institute Inc., Cary, N.C. 2004.

SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología). Datos climáticos (temperatura, precipitación y humedad relativa) de la comunidad de Letanías, población de Viacha provincia Ingavi, departamento de La Paz. 2010.

Shanner G & Finney RN. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in knox wheat. Phytopathology. 1977; 67: 1051-1056.

Tapia M. Historia de distribución geográfica de la quinua *in* Cultivos Andinos: Quinua Cañihua. CIID-IICA. Bogotá. 1979; 227 p.

Tomma BPHJ. *Alternaria* spp.: from general saprophyte to specific parasite. Molecular Plant Pathology. 2003; 4 (4): 225–236.

Viñas O. Exportación de quinua orgánica (Chenopodium quinoa Willd.) de la república de Bolivia. La Paz, Bolivia. 2000; 14 p.

Estudio de la morfología y viabilidad de semillas de 8 taxones de quinua silvestre de Bolivia

Mónica Fernández; Ricardo Sahonero.

E-mail: monicafernandezmendoza@hotmail.com

Resumen

El estudio se realizó en dos etapas, la primera etapa en el Centro Quipaquipani perteneciente a la Fundación PROINPA, ubicada en la localidad de Viacha del departamento de La Paz, Bolivia durante el año 2010. Un total de 37 accesiones en estudio perteneciente a los 8 taxones de quinua silvestre, fueron sembradas en invernadero donde se ha evaluado el tiempo (días) de duración de cada fase fenológica, observando variabilidad intra especie e inter especie en la duración de cada fase y en el ciclo fenológico. Durante las fases generativas de las plantas se evaluó el desarrollo del tamaño de la semilla con mediciones de diámetro y espesor, constatándose un crecimiento progresivo de la semilla y la variación intra especie e inter especie en el desarrollo de la semilla en cada fase. La semilla obtenida ha sido probada en su porcentaje de germinación, encontrándose diferencias estadísticas significativas intra e inter específicas para esta variable, con porcentajes de germinación que varían entre 50 y 80%. La segunda etapa del estudio se realizó en el laboratorio de Biología de la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés durante el 2011, donde se efectuó el examen y descripción de la morfología de las semillas y la prueba topográfica de tetrazolio donde se evaluó con 100 semillas por accesión a través de la solución trifenil tetrazolio. La prueba de germinación se evaluó de acuerdo al diseño completamente al azar los datos obtenidos fueron sometidos a análisis de varianza y la respectiva prueba de Duncan al 5 % de significancia. Con los datos obtenidos se realizó un análisis de correlación entre las variables morfológicas (diámetro, espesor) con las variables fisiológicas (viabilidad y germinación) para establecer la relación entre ellas, y se evidencio que no hay una asociación significativa entre estas variables.

Palabras clave: Morfología; viabilidad; germinación; variables; correlación.

Abstract

The study was conducted in two stages, the first stage in the center Quipaquipani belongs to PROINPA, in Viacha the department of La Paz, Bolivia in 2010. A total of 37 accessions studied taxa belonging to the 8 wild quinoa were sown in the greenhouse where we evaluate the time (days) duration of each phenological stage, observing variability within species and inter species in the duration of each phase and in the phenological cycle. During phases generative plant development was evaluated on the size of the seed diameter and thickness measurements, verifying a progressive growth of the seed and the variation within species and inter species in seed development in each phase. The seed obtained was tested in germination percentage, statistical differences within and between specific for this variable, with germination percentages ranging between 50 and 80%. The second stage of the study was conducted at the Laboratory of Biology, Faculty of Agronomy of the University Mayor de San Andres in 2011, where he carried out the review and description of the morphology of the seeds and topographical tetrazolium test that assessed with 100 seeds per accession by triphenyl tetrazolium solution. The germination test was evaluated according to completely randomized design data obtained were analyzed using analysis of variance and Duncan test corresponding to 5% level. The data obtained was performed a correlation analysis between the morphological variables (diameter, thickness) with physiological variables (viability and germination) to establish the relationship between them, and evidenced no significant association between these variables.

Keywords: morphology; viability; germination; variables; correlation.

Introducción

Las características agroclimáticas de los Andes hacen que la agricultura sea una actividad permanente de alto riesgo. Entre los factores adversos abióticos más dañinos y generalizados tenemos las sequias, heladas, granizadas, nevadas, salinidad de suelos, inundaciones y vientos (Mujica *et al.* 2004).

Debido a estos factores que se acentúan por el cambio climático y repercuten en la conservación de los recursos genéticos de la quinua silvestre, así como la destrucción de su hábitat natural (Jaramillo y Baena, 2000). Es necesario realizar investigaciones sobre los parientes silvestres de la quinua con el objetivo de encontrar y de conservar genes de resistencia y tolerancia que permitan contrarrestar los factores adversos.

Las especies silvestres de quinua conforman poblaciones pequeñas y aisladas, hallándose la mayor diversidad en las aynokas y en los campos comunales de las comunidades campesinas (Mujica y Jacobsen, 2006). Estas poblaciones se van perdiendo y requieren la conservación de sus semillas.

A pesar de la importancia de la conservación de las semillas de quinua silvestre, existen pocas investigaciones en torno a sus características de calidad (viabilidad), debido a que las investigaciones priorizan a la quinua cultivada, ya que otorgan mayores beneficios económicos.

Siendo la viabilidad una característica que expresa la capacidad potencial de germinación de las semillas, que se reduce con el tiempo aunque haya sido almacenado en condiciones óptimas (Jaramillo y Baena, 2000). Es por ello necesario conocer el comportamiento de las semillas de quinua silvestre, para esta característica y mejorar su conservación.

Por otro lado la descripción de la morfología de la semilla nos permite conocer las características peculiares de las semillas de quinua silvestre que pueden estar asociados con la viabilidad y por tanto con la conservación del material genético.

Considerando las limitantes expuestas es necesario realizar estudios acerca de estas características para tener un mejor conocimiento del material disponible en los bancos de germoplasma. La investigación busca contribuir al conocimiento en la conservación de recursos genéticos de las quinuas silvestres con el objetivo de estudiar la morfología y viabilidad de la semilla de 8 taxones de quinua silvestre de Bolivia.

Materiales y métodos

La primera fase de investigación se realizó con: 10 accesiones pertenecientes a *Chenopodium quinoa* Willd. Subsp. *milleanum* Aellen, 6 accesiones pertenecientes a *Chenopodium quinoa* Willd var. *quinoa,* 2 accesiones pertenecientes a *Chenopodium hircinum* Schrader, 5 accesiones pertenecientes a *Chenopodium hircinum* Schrader subsp. *eu-hircinum* Aellen, 2 accesiones pertenecientes a *Chenopodium hircinum* Schrader var. *catamarcense* Aellen, 2 accesiones pertenecientes a *Chenopodium hircinum* Schrader *subsp.hircinum var. andinum* Aellen, 1 accesión perteneciente a *Chenopodium album* L. y 9 accesiones pertenecientes a *Chenopodium quinoa* Willd. var. *melanospermum* Hunz, el total de las accesiones fueron sembradas en macetas con 4 repeticiones por cada accesión.

Durante esta fase de la investigación se realizó en seguimiento a la duración de las fases fenológicas, por otro lado se realizó mediciones de diámetro (milímetros) y espesor (milímetros) durante las fases: grano lechoso, grano pastoso y madurez fisiológica y se realizó la prueba de germinación en las semillas. Para la prueba de germinación se realizó cuatro réplicas de 50 semillas de las 37 accesiones de quinua silvestre. Las muestras se introdujeron en la cámara germinadora a una temperatura constante de 20 ^{o}C y se registraron datos de la humedad relativa con la ayuda de un hidrómetro.

La prueba de germinación se evaluó de acuerdo al diseño completamente al azar con lecturas a diferentes tiempos (48, 96, 144 y 192 horas). Los datos obtenidos fueron sometidos a análisis de varianza y la prueba de Duncan al 5 %.

En la segunda fase de la investigación se realizó la descripción morfológica y la prueba de viabilidad. La descripción de los componentes morfológicos se realizó con semillas que fueron recolectadas de la parte media de la inflorescencia de las plantas durante la fase de madurez fisiológica siguiendo las sugerencias de Planchuelo (1975), Bayuelo y

Ochoa (2006) y Bruno (2005), variables que se registraron fueron: textura de la cubierta seminal, forma de los márgenes, diámetro de la semilla, espesor de la semilla y color del episperma.

La prueba de viabilidad se realizó con 100 semillas a través de la prueba topográfica de tetrazolio, donde se siguió el siguiente procedimiento: 1) Las semillas se sumergieron en agua para iniciar la actividad de las enzimas deshidrogenasas (Ruiz, 2009), 2) Se realizó un corte, que permitió el contacto del tetrazolio con los tejidos del embrión (Ruiz, 2009) y 3) Las muestras se incubaron bajo condiciones de oscuridad durante 24 horas en una solución de 2, 3, 5 trifenil tetrazolio al 0,075 % a 30 ^{0}C (Kameswara *et al.* 2007).

Posteriormente se realizó la evaluación de la tinción obtenida según la clasificación propuesta por Kameswara *et al.* (2007) en tres categorías según el patrón de tinción: Semillas totalmente teñidas viables; semillas totalmente libres de coloración no viables; y semillas parcialmente teñidas que producirán plántulas normales o anormales, dependiendo de la intensidad y patrón de la tinción.

Y para concluir se realizó un análisis de correlación de Pearson para las variables: diámetro, espesor, germinación y viabilidad de la semilla.

Resultados y discusión

Durante el tiempo de formación y desarrollo de la semilla se ha constatado que las especies de quinua silvestre muestran variación en los caracteres evaluados, siendo ésta variación evidente entre y dentro las especies. El Cuadro 1, muestra el análisis descriptivo del promedio de duración de cada fase fenológica de los 8 taxones de quinua silvestre estudiados, donde el valor mínimo y máximo de las fases fenológicas reportan el rango de variación inter e intra especie.

El promedio de duración del ciclo productivo de los taxones se encuentra entre los 140 ± 3.16 a 158 ± 1 días. El análisis descriptivo en las fases fenológicas de los 8 taxones de quinua silvestre muestra que la mayor dispersión de las variables corresponde al estado de panojamiento (3.8) del taxón *Chenopodium quinoa* Willd. subsp. *milleanum* Aellen, la mayor variabilidad en el estado de seis hojas verdaderas (29.6%) del taxón *Chenopodium quinoa* Willd. subsp. *milleanum* Aellen.

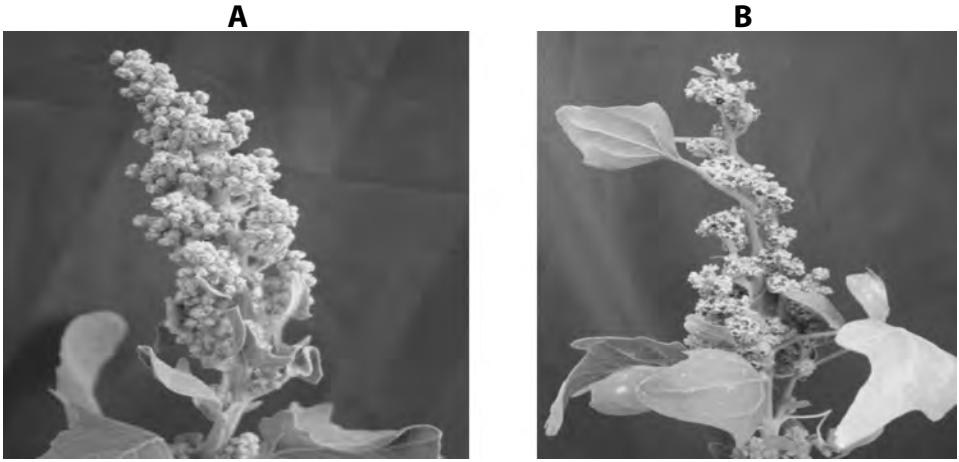


Foto 1.
A) Fase fenológica "floración", B) fase fenológica "Madurez fisiológica".

Cuadro 1.
Parámetros estadísticos de dispersión de las fases fenológicas de 8 taxones de quinua silvestre de Bolivia.

Fases fenológicas *Chenopodium quinoa* Willd. subsp. *milleanum* Aellen		Taxón							
		Chenopodium quinoa Willd. subsp. milleanum Aellen	*Chenopodium quinoa* Willd. var. quinoa	*Chenopodium hircinum* Schrader	*Chenopodium hircinum* Schrader subsp. *eu-hircinum* Aellen	*Chenopodium hircinum* Schrader var. *catamarcense* Aellen	*Chenopodium hircinum* Schrader subsp. *hircinum* var. *andinum* Aellen	*Chenopodium album* L.	*Chenopodium quinoa* Willd. var. *melanospermum* Hunz
Emergencia	**Desvió Estándar**	0,806	0.763	0.7	0.48	0.5	0.5	0.5	0.76
	Coeficiente Variación	23.4	21.8	20	14.3	14.3	14.3	15.3	**23.6**
Dos hojas verdaderas	**Desvió Estándar**	0.7	0.68	0.5	0.82	1	1	1	0.83
	Coeficiente Variación	17.3	16.5	5	19.6	**25**	**25**	5.6	18.7
Cuatro hojas verdaderas	**Desvió Estándar**	1.85	0.74	0.5	0.63	1	0.5	0.43	0.663
	Coeficiente Variación	28.1	17.2	5	15.8	20	14.2	14.2	13.2
Seis hojas verdaderas	**Desvió Estándar**	1.78	1.1	0.71	0.63	0.5	0.5	0.5	0.955
	Coeficiente Variación	**29.6**	25.5	20	12.6	11.1	11.1	11.1	21.5
Ramificación	**Desvió Estándar**	2.95	1.46	0.5	1.49	1	**1**	1	1.75
	Coeficiente Variación	29.1	11	3.2	8.8	5.8	6.2	6.2	10.8
Inicio de panojamiento	**Desvió Estándar**	3.67	1.34	1	0.63	**2**	0.5	0.8	1.4
	Coeficiente Variación	28.4	15	7.1	4.2	16.6	3.7	7.3	10.2

Panojamiento	**Desvió Estándar**	3.8	1.288	1.5	1.67	1	0.5	0.7	**2.5**
	Coeficiente Variación	**26.9**	**8**	7.6	11	5.5	3	4.5	14.2
Inicio de floración	**Desvió Estándar**	2.54	2.26	1	1.16	1.5	0.5	0.89	2.34
	Coeficiente Variación	15.2	15.4	6.6	7.4	10.3	3.7	3.7	15.9
Floración	**Desvió Estándar**	2.57	3.03	0.5	1.62	1	1	1	2.05
	Coeficiente Variación	14.4	14.9	2.8	8.8	5.5	6.2	6.2	11.8
Grano lechoso	**Desvió Estándar**	2.31	2.45	1.5	0.8	1.02	1	0.78	1.78
	Coeficiente Variación	13.8	12.8	**9.6**	4.5	4.4	5.5	5.5	11.2
Grano pastoso	**Desvió Estándar**	2.02	1.37	1.4	1.49	1.5	0.5	1.5	1.26
	Coeficiente Variación	13.3	8	8.6	10.3	7.6	3.4	4.4	8
Madurez Fisiológica	**Desvió Estándar**	3.16	2.97	1.5	2.71	1	1.7	1.8	2.34
	Coeficiente Variación	18.6	15.6	7.7	15.2	2.7	7.7	6.9	13.2
Total (días)		140 ±3.16	143 ±2.97	149 ±1.5	147±2.71	158±1	142±1.7	150±1.8	146±2.34

La Figura 1 A, muestra la variabilidad inter especie en la variable de diámetro, en las fases fenológicas generativas. La variación inter especie en la fase grano lechoso presenta la menor variabilidad en comparación a las otras fases fenológicas con un error estándar de EE = 0.048. Estos resultados permiten pensar que en esta fase el diámetro en las especies presenta un desarrollo gradual similar entre ellas.

La fase de grano pastoso reportó una variabilidad inter especie con un error estándar EE = 0.056 este resultado expresa un valor mayor a la fase anterior, lo que permite concluir que las diferencias aumenta durante el desarrollo de las fases. La fase de madurez fisiológica presenta un error estándar EE = 0.059 y es la fase de mayor variabilidad en comparación con las otras fases fenológicas. Esta variación se debe las características genéticas y a la expresión fenotípica de cada especie influenciadas por el medio ambiente.

Durante el desarrollo de las fases generativas de la planta se puede observar un crecimiento gradual en el diámetro en la mayoría de las especies. Al respecto Bonifacio *et al.* (1997) indica el diámetro de la semilla es una característica cuantitativa y está controlada por genes de efecto aditivo y la estabilidad de estos caracteres se encuentra afectada por el efecto ambiental.

La Figura 1 B, muestra la relación inter especie en la variable de espesor, en la fase de grano lechoso que presenta la menor variabilidad en relación a las otras fases con un error estándar de EE = 0.011. La fase de grano pastoso reportó variabilidad con un error estándar de EE = 0.029, este resultado indica que el espesor en esta fase fenológica presenta una variación importante. La fase de madurez fisiológica presenta un error estándar de EE = 0.030 que expresa la mayor en comparación con las otras fases fenológicas.

Los resultados evidencian que el desarrollo del espesor está influenciado por las características genotípicas de las especie y está influenciada por el medio ambiente, debido a que el error estándar aumenta de forma gradual en las fases fenológicas de grano pastoso y madurez fisiológica.

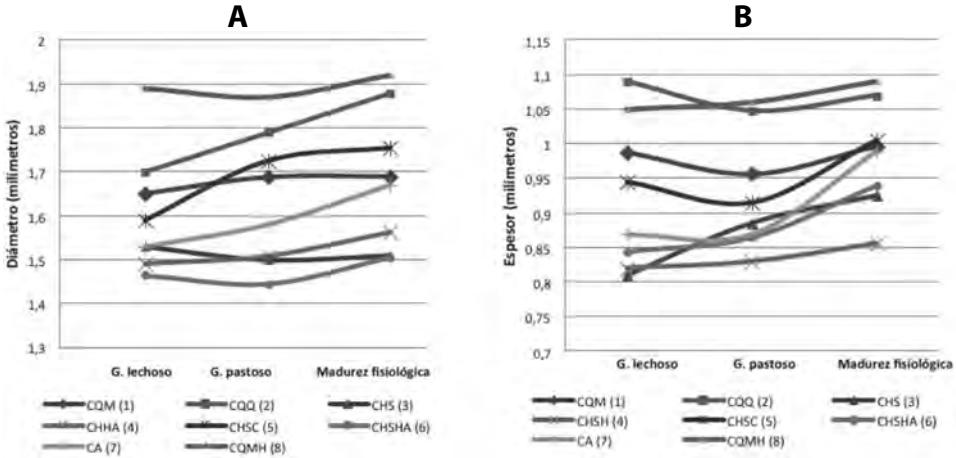


Figura 1.
Diámetro y espesor de las semillas de 8 taxones de quinua silvestre con relación a las fases fenológicas generativas.

La descripción morfológica realizada en los 8 taxones presentó características similares. La mayor parte de los taxones presentaron una textura de cubierta seminal lisa, la configuración del margen predominante fue la redondeada, la coloración del episperma varió entre café oscura y en algunos casos a café claro. La coloración presente en el embrión fue amarilla y el perisperma presentó una coloración blanca en todos los taxones. Las características morfológicas diámetro y espesor presentaron variabilidad intra especie e inter especie.

El Cuadro 2, presenta la viabilidad de los 8 taxones analizados por el método de tetrazolio, evidenciando una viabilidad media de 92 ± 2.87%, con valor mínimo de 88 % y máximo de 96 %, el promedio de la viabilidad de los taxones es alta.

Las semillas no viables presentaron una media de 3.55 ± 1.13 % con valor mínimo de 2 % y máximo de 5 %. El promedio de las semillas no viables es bajo.

Las semillas parcialmente viables presentaron una media de 4.22 ± 2.44 %, con valor mínimo de 1 % y máximo de 9 %. El promedio de las semillas parcialmente teñidas es bajo.

El Cuadro 3, muestra que las semillas de los 8 taxones son de buena calidad y poseen un alto poder germinativo. Se puede concluir que las diferencias en los resultados de la prueba de viabilidad entre los 8 taxones se debe a la variabilidad genética intra especie e inter especie (Álvarez, 2005).

La Figura 2, muestra los resultados promedios del análisis de germinación de los 8 taxones de quinua silvestre en diferentes tiempos, donde se evidencia un incremento en su porcentaje de germinación a medida que pasa el tiempo.

La germinación de los 8 taxones a las 48 horas presenta una variabilidad inter especie con un error estándar EE = 0.122, este resultado señala que para este tiempo la variabilidad en la germinación entre los taxones fue mínima con relación a las otras mediciones. Estos resultados se pueden atribuir a que en esta etapa las semillas se encuentran en la fase de hidratación en la mayoría de las accesiones, algunas accesiones se encuentran en la fase de germinación y las accesiones que presentan mayor permeabilidad en el episperma se encuentran en la fase de crecimiento.

La germinación a las 96 horas presentan un error estándar EE = 0.25, este resultado indica que existe mayor variabilidad que en la primera medición (48 horas), ya que la mayoría de las accesiones se han hidratado y se encuentran en la fase de germinación y otras en la fase de crecimiento, esto debido a sus características morfológicas.

La germinación a las 144 horas presenta un EE = 0.51 que señala una variabilidad inter especie mayor que a las 96 horas, este resultado se atribuye a la influencia del taxón 4 que presenta una mayor variabilidad en sus accesiones con un error estándar EE = 6.21. En esta fase la mayoría de las accesiones se encuentran en la fase de crecimiento.

A las 192 horas el error estándar EE = 0.67 indica una mayor variabilidad inter especie, atribuido al taxón 4 que presentó un error estándar EE = 6.19. Este resultado es el mayor de los cuatro tiempos, debido a que algunas accesiones presentan dormancia que influyen en el resultado. Para este tiempo la mayoría de las accesiones han culminado la prueba de germinación.

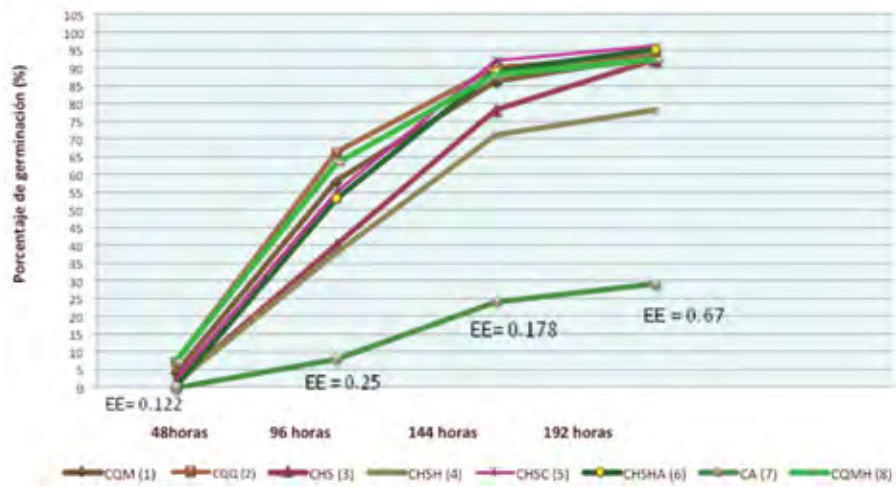
Se concluye que durante la primera medición la variabilidad es reducida en el porcentaje de germinación, posteriormente en las mediciones a los tiempos 96 y 144 horas hubo mayor variabilidad en la germinación. A las 192 horas la variabilidad en la germinación se redujo en la mayoría de las accesiones, teniendo casos particulares de accesiones con presencia de dormancia. Boero *et al.* (1997) que realizaron el estudio de la variación en la germinación en variedades de quinuas cultivadas, señalan que diversos factores físico – químicos influyen en el proceso de germinación.

Cuadro 2.

Resultados de la prueba de viabilidad de los 8 taxones de quinua silvestre.

Taxón	% de semillas viables	% de semillas no viables	% de semillas parcialmente teñidas
Chenopodium quinoa Willd. subsp. *milleanum* Aellen	88	5	7
Chenopodium quinoa Willd var. *quinoa*	91	5	4
Chenopodium hircinum Schrader	88	4	9

Chenopodium hircinum Schrader subsp. *eu-hircinum* Aellen	93	3	4
Chenopodium hircinum Schrader var. *catamarcense* Aellen	94	3	3
Chenopodium hircinum Schrader subsp. *hircinum* var. *andinum* Aellen	94	2	4
Chenopodium album L.	95	4	1
Chenopodium quinoa Willd. var. *melanospermum* Hunz	96	2	2
Promedio	92	4	4



Donde: 1 *Chenopodium quinoa* Willd. subsp. *milleanum* Aellen (CQM), 2 *Chenopodium quinoa* Willd. var. *quinoa* (CQQ), 3 *Chenopodium hircinum* Schrader (CHS), 4 *Chenopodium hircinum* schrader subsp. *eu-hircinum* Aellen (CHSH), 5 *Chenopodium hircinum* Schrader var. *catamarcense* Aellen (CHSC), 6 *Chenopodium hircinum* Schrader subsp. *hircinum* var. *andinum* Aellen (CHSHA), 7 *Chenopodium album* L. (CA) y 8 *Chenopodium quinoa* Willd. var. *melanospermum* Hunz (CQMH).

Figura 2.
Resultado de la prueba de germinación de 8 taxones de quinua silvestre.

Conclusiones

- El registro fenológico de las accesiones de los 8 taxones de quinua silvestre presentó una variabilidad intra especie en la duración del ciclo fenológico, debido a la expresión genética de cada accesión.
- Los resultados en el tiempo de formación de las semillas presentan variabilidad intra especie e inter especie en los 8 taxones estudiados, estas diferencias en su comportamiento se atribuye a la variabilidad genética de las accesiones y a la influencia del medio ambiente.

- La prueba de viabilidad reportó en los 8 taxones porcentajes de semillas viables mayores al 90 %, que expresa que las accesiones tienen un alto poder germinativo y son de buena calidad, estos resultados ayudaron a identificar la presencia de dormancia.
- La prueba de germinación presentó variabilidad intra especie e inter especie, que expresan la variabilidad genotípica presente en las accesiones de cada taxón.
- No hay una asociación significativa entre las variables morfológicas (diámetro y espesor) con las variables de calidad fisiológica (viabilidad y germinación).

Referencias citadas

Álvarez, A. 2005. Conservación y evaluación de germoplasma de quinua. Centro de investigaciones de Cultivos Andinos de Universidad de Cuzco. Cuzco – Perú. En línea. Consultado el 20 de julio de 2011. Disponible en http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/produ/cdrom/contenido/libro03/cap1.htm.

Bayuelo, J. y Ochoa, I. 2006. Caracterización morfológica de sapote mamey (P*outeria sapota (*Jacquin) H.E. Moore y Stearn del centro Occidente de Michoacán. Revista de Fitotecnia Mexicana. Chapingo - México.

Boero, C., Gonzales, A. y Prado, E. 1997. Germinación de diferentes variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) bajo distintas condiciones de salinidad y pH. Estación experimental Patacamaya. La Paz - Bolivia.

Bonifacio, A., Mujica, A., Alvarez, A. y Roca, W. 1997. Capítulo IV. Mejoramiento genético, germoplasma y producción de semilla. FAO.

Bruno, M. 2005. ¿Domesticado o silvestre? Resultados de la investigación de semillas de Chenopodium Chiripa, Bolivia (1500 – 100 A.C.). Departamento de Antropología, Washington University in St. Louis. USA.

Jaramillo, S. y Baena, M. 2000. Material de apoyo a la capacitación en "Conservación *Ex situ* de Recursos Filogenéticos". Instituto Internacional de Recursos Filogenéticos (IPGRI) grupo Américas. p 4.

Kameswara, N., Hanson, J., Dulloo, E., Ghosh, K., Nowell, D. y Larinde, M. 2007. Manual para el manejo de semillas en bancos de germoplasma. Bioversity International. Roma Italia. pp 56 - 70.

Mujica, A. 2004. Germoplasma Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). Puno – Perú. p 31.

Mujica, A. y Jacobsen S. 2006. La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y sus parientes silvestres. Universidad Nacional del altiplano. Puno-Perú. Universidad Real de Agricultura y Veterinaria. Taastrup-Dinamarca. p 449-450.

Planchuelo, A. 1975. Estudio de los frutos y semillas del género *Chenopodium* en la Argentina. Buenos Aires- Argentina.

Ruiz, M. 2009. El análisis de tetrazolio en el control de calidad de semillas. Caso de estudio: cebadilla chaqueña. Toluca – México

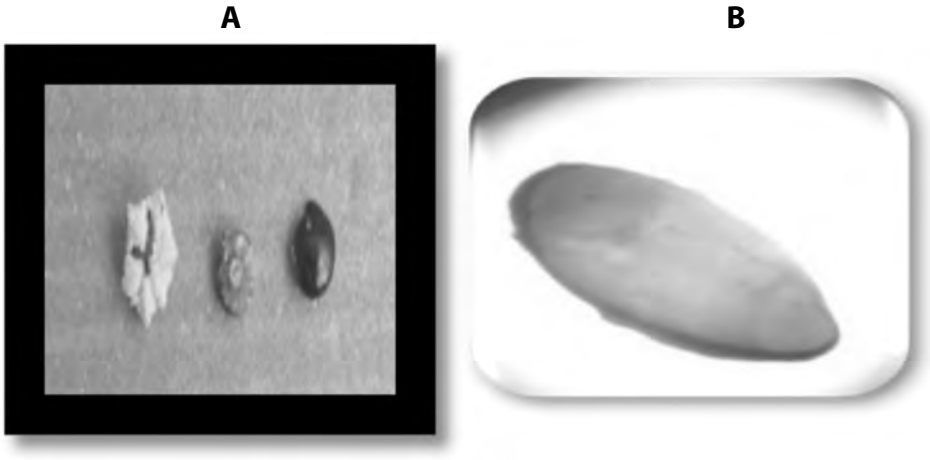


Foto 2.
A) Semillas de quinua silvestre Chenopodium quinoa* Willd. *var. melanospermum* Hunz, *de izquierda a derecha: perigonio, pericarpio y endosperma. B) Corte transversal de semillas de quinua silvestre Chenopodium quinoa* Willd. *var.* melanospermum *Hunz, donde se observa: el endosperma, embrión y perisperma.

Caracterización de la diversidad genética de la colección boliviana de quinua, utilizando microsatélites

Silene Veramendi; Alejandro Bonifacio; Ximena Cadima; Wilfredo Rojas.

Fundación PROINPA.

E-mail: s.veramendi@proinpa.org

Resumen

El origen y la diversidad genética de la quinua se encuentran en la región Andina y en particular en el altiplano que comparte Bolivia y Perú. La colección boliviana de quinua está conformada por más de 3000 accesiones. En el periodo 2003 al 2008 y con el propósito de conocer mejor esta diversidad, cerca del 90% de la colección de quinua compuesta por materiales provenientes del altiplano boliviano (centro con 827,norte con 138 y sur con 434 accesiones, respectivamente), de los valles (325 accesiones), del Perú (562 accesiones), de materiales silvestres (133 accesiones) y una fracción proveniente de otros países (96accesiones), fueron seleccionadas para caracterizarlas molecularmente utilizando ocho marcadores microsatélite. Los objetivos del presente estudio fueron: asignar un perfil molecular a cada accesión, analizar la estructura poblacional de la colección, identificar accesiones duplicadas y contribuir a la conformación de una colección núcleo. El ADN total fue extraído de foliolos siguiendo el protocolo de Doyle&Doyle (1990), y se cuantificó por electroforesis en geles de agarosa al 1%. Se realizó la PCR con los ocho marcadores microsatélite bajo las siguientes condiciones: 94°C por 5 min; desnaturalización inicial 94°C por 1 min, T de hibridación (51ºC, 53ºC, 55ºC y 60ºC para los diferentes iniciadores) por 45 seg, y elongación 72°C por 60 seg. La separación de los fragmentos obtenidos se realizó en geles de poliacrilamida al 6%, en condiciones desnaturalizantes (7M urea), y teñidos con nitrato de plata. Los datos se analizaron utilizando el programa NTSys.pc 2.10. Se determinó que estos microsatélite presentan un alto nivel de polimorfismo, con valores del 'índice de contenido polimórfico' mayores a 0.73, siendo el marcador QAAT-022 el más polimórfico con un valor de 0.95. Se encontraron 129 alelos, con un rango de 5 a 30 alelos por locus y tamaño que va de 111 a 239 pb. Los resultados muestran una diversidad genética en general elevada para todas las regiones mencionadas, en orden descendente se ubicaron el altiplano centro, sud, valles y norte. El análisis de conglomerados y de coordenadas principales revela una estructura genética al interior de la población con accesiones que se agrupan por regiones a ex-

cepción de las silvestres que se van distribuyendo entre éstas. Se han encontrado ocho accesiones potencialmente duplicadas distribuidas en cuatro ramas en el dendrograma. La información generada permitió la conformación de una colección núcleo con 189 accesiones únicas en total.

Palabras clave: Marcadores microsatélite; quinua; diversidad genética; colección núcleo.

Introducción

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) es un cultivo importante para el consumo humano debido a su sobresaliente balance nutricional en proteínas, grasas, aceites, fibra y almidón. El contenido de proteínas en el grano de quinua es elevado (entre 11 y 17%) y es de alta calidad por su composición en aminoácidos esenciales como la lisina, metionina y cisteína. (Chauhan *et al.,* 1992)

La quinua es una planta alotetraploide (2n=4x=36), muestra una herencia disómica para la mayoría de los caracteres cualitativos y es esencialmente autógama (Simmonds, 1971; Ward, 2000). Su período de crecimiento varía entre 90 y 220 días, dependiendo de las variedades (Bonifacio, 2001).

La quinua fue domesticada en Bolivia, en inmediaciones del lago Titicaca (Gandarillas, 1979) hace más o menos 7000 años atrás. Desde este centro de diversidad y domesticación, su cultivo se ha extendido por toda la cordillera de los Andes. Actualmente la quinua se cultiva en Argentina, Chile, Bolivia, Perú, Ecuador y Colombia, siendo Bolivia el principal país productor y exportador. La quinua puede ser cultivada desde el nivel del mar hasta los 4,000 m de altitud.

La distribución geográfica de la quinua en Bolivia es amplia y por estudios realizados por Rojas (2002) y Rojas *et al*. (2010), la variabilidad de quinua se distribuye en el polígono comprendido por 15º 42' provincia Omasuyo del departamento de La Paz, 21º 57' provincia Omiste del departamento de Potosí, 64º 19' provincia Tomina del departamento de Chuquisaca y 69º 09' de Manco Kapac del departamento de La Paz.

La colección de germoplasma de quinua que se conserva en Bolivia tiene una amplia variabilidad genética con 3121 accesiones de materiales cultivados y silvestres, colectados en la región del Altiplano y los valles interandinos de los departamentos de La Paz, Oruro, Potosí, Cochabamba, Chuquisaca y Tarija (Rojas *et al.,* 2010). La colección también cuenta con un germoplasma proveniente de Perú, Ecuador, Colombia, Argentina entre otros (Rojas *et al.,* 2010).

Estudios previos realizados con la colección denotaron una amplia variabilidad genética evaluada por caracteres morfológicos. Se han determinado por ejemplo variaciones en el color de la planta antes de la floración en un rango entre verde, púrpura y rojo; el color de la planta a la madurez fisiológica presenta otro rango de colores como blanco, crema, amarillo, anaranjado, rosado, rojo, púrpura, café y negro; la forma de panoja que va de amarantiforme, glomerulada e intermedia; la densidad de la panoja varía entre

compacta, laxa e intermedia; el color del grano varía entre blanco, crema, amarillo, rosado, rojo y púrpura; el ciclo vegetativo de 110 a 120 días; el rendimiento de grano por planta va de 48 a 250 g.; el peso de 100 gramos de 0.12 a 0.60 g; el contenido proteico del grano de 10.21 a 18.39 % y el diámetro del gránulo de almidón de 1.5 a 22µ (Rojas 2002, 2003 y 2008).

Para complementar los estudios de diversidad genética de la colección de quinua, en el presente estudio se eligieron los marcadores moleculares tipo microsatélites porque ellos combinan muchas ventajas: codominancia, multialelismo y tienen alta heterocigosidad. El alto nivel de polimorfismo que puede ser detectado con estos marcadores, permite la discriminación entre individuos no relacionados y proporciona información sobre la estructura genética de las poblaciones. La evaluación de la diversidad genética utilizando parámetros complementarios del tipo morfológico y molecular, permite contar con información valiosa para fortalecer la conservación y utilización de los recursos genéticos de cultivos como la quinua, cuya importancia va creciendo progresivamente no solo para los pobladores andinos sino para el mundo (Ramakrishna *et al.,* 1995).

Por lo mencionado los objetivos del presente trabajo fueron:

- Caracterizar la diversidad genética de la colección boliviana de quinua utilizando ocho marcadores microsatélites:QCA-006, QATG-019, QAAT-051, QCA-058, QAAT-050, QAAT-074, QAAT-076 y QAAT-022.
- Asignar un perfil molecular a cada una de las accesiones de quinua.
- Analizar la estructura poblacional de la colección boliviana de quinua en base a marcadores moleculares.
- Identificar posibles accesiones duplicadas al interior de la colección.
- Contribuir a la conformación de una colección núcleo.

Material y métodos

Material biológico

Fueron evaluadas 2515 accesiones de la colección de quinua, de las cuales 434 accesiones corresponden al Altiplano Sur (A S), 827 al Altiplano Centro (AC), 138 al Altiplano Norte (AN), 325 a los Valles (V), 133 a materiales silvestres (Silv), 562 al Altiplano del Perú (AP) y 96 accesiones a un grupo denominado Otros Países (OP), de Chile, Ecuador, Argentina y México.

Extracción de ADN

Se colectaron en invernadero foliolos sanos de cada una de las accesiones de la colección, y se almacenaron en bolsas plásticas a -20°C hasta la extracción de ADN.

Los foliolos fueron fueron molidos en nitrógeno líquido (-195ºC) hasta obtener un polvo fino y uniforme. La extracción de ADN genómico se realizó mediante el protocolo de CTAB 2X (hexadecil bromuro de trimetil amonio) desarrollado por Doyle y Doyle (1990) descrito a continuación: un volumen de 700 µl de la solución CTAB (CTAB 2X, Tris-HCL 100mM PH 8.0, EDTA 20mM PH 8.0, NaCl 1.4M, y Polivinilpirrolidona (PVP) se añadió a los tubos Eppendorf que contenían 100 mg de muestra molida, posteriormente se homogenizó e incubó a 65°C durante 45 minutos, a continuación se agregó 700 µl de cloroformo/isoamilalcohol (24:1) para la precipitación de proteínas y separación de las fases seguido de centrifugación. Para precipitar el ADN se empleó 300 µl de isopropanol al 99%, una vez precipitado el pellet de ADN se lavó con 350 µl de etanol al 70%, se dejó secar y se disolvió en 50µl de agua miliQ con RNAasa (10 mg/ml), para luego ser incubado por 60 minutos a 37ºC y finalmente ser almacenado a -20°C.

Cuantificación de ácidos nucleídos

La cuantificación del ADN genómico extraído, se hizo en geles de agarosa al 1%, visualizando el ADN con bromuro de etidio a través de un trans-iluminador UV marca Biorad y comparando la intensidad de las bandas de las muestras con cada una de las bandas del marcador de peso molecular de concentración conocida (10.000 bp Eurogentec).

Selección de microsatélites para el estudio

Se utilizaron ocho marcadores microsatélites para el estudio de diversidad genética de la colección de quinua. Las secuencias de los marcadores seleccionados y la correspondiente temperatura de hibridación se presentan en el cuadro siguiente.

Cuadro 1.
Características de los microsatélites utilizados en el estudio.

Nº	Microsatelite	Motivo repetido	Forward primer (5'-3')	Reverse primer (5'-3')	Th °C
1	QCA006	(CA)15CG(CA)4	gctctattaaggaaatgaggttaca	gccattcaattcagcaaagg	51
2	QATG019	(ATC)12	ccaaacaaagacaataaggaaacc	cgaggttgaaggagattcca	60
4	QAAT051	(AAT)14	ccttcgacaaggtcccatta	cgtccatagtggaggcattt	53
3	QCA058	(GT)17	ctcgaccagcagggtctg	ctagctaggcgttgcctgac	60
5	QAAT050	(AAT)17	ggcacgtgctgctactcata	tggcgaatggttaatttgc	51
7	QAAT074	(ATT)14	atggaacacccatccgataa	atgcctatcctcatcctcca	55
6	QAAT076	(ATT)30	gcttcatgtgttataaaatgccaat	tctcggcttcccactaatttt	55
8	QAAT022	(TTA)29	tggtcgatatagatgaaccaaa	Ggagcccagattgtatctca	53

Amplificación de microsatélites mediante PCR (Reacción en cadena de la polimerasa)

Para la PCR se consideró: 15 µl de mezcla, conteniendo 20 ng de ADN Molde, 1X de Tampón PCR 10X (50mM KCl, 10 mM Tris HCl PH 8.0, 1.5 mM MgCl), 0.2 mM dNTP, 1 pmol/µl de cada iniciador (F y R) y 0.025 U/µl de la enzima Taq-polimerasa. El programa de amplificación fue realizado en un termociclador MJ research PTC 100, con un tiempo de desnaturalización inicial del ADN por 5 min a 94ºC, 35 ciclos de 94ºC por 1 min,

temperatura de anillamiento 51ºC, 53 ºC, 55 ºC, y 60 ºC por 45 s, y 72ºC por 1 min con una extensión final de 72°C por 5 min y 1 ciclo a 15°C por 1 min, según el marcador. Subsecuentemente, los productos de amplificación fueron visualizados y cuantificados mediante electroforesis en geles de agarosa al 1.8%.

Electroforesis de microsatélites en geles de poliacrilamida (PAGE)

La electroforesis de los productos amplificados se realizó en una cubeta de electroforesis vertical BIO – RAD Sequi Gen GT (38 x 50 cm) con un gel de poliacrilamida al 6% en condición desnaturalizante (7 M urea) se siguió el protocolo de la firma PROMEGA (1993) con algunas modificaciones.

Lectura de resultados y análisis estadístico

Los perfiles moleculares obtenidos en los geles de poliacrilamida fueron transformados a matrices binarias (1 presencia y 0 ausencia), con las que se logró generar la matriz de distancias mediante coeficiente de Jaccard con el programa NTSyS pc-2.10 (Rohlf, 2002; Zambrano *et al*. 2003) para los análisis de conglomerados se utilizó el método de ligamiento promedio UPGMA (Sokal *et al* 1963).

Conformación de la colección núcleo de quinua

Para la conformación de la colección núcleo se consideraron tanto los datos a nivel morfológico (W. Rojas, comunicación personal) como los datos a nivel molecular, para lo cual se utilizó el programa libre Power Core, que permite realizar un muestreo mediante la estrategia M de maximización (van Hintum *et al*., 2003). Se elaboró una matriz con los datos moleculares y morfológicos y se realizó la búsqueda con el programa PowerCore, luego se generó el dendrograma con las accesiones de la colección total utilizando el programa NTSYSpc Ver. 2.1. En el dendrograma se remarcaron las accesiones correspondientes a la colección núcleo con un asterisco, esto para visualizar la distribución de las mismas dentro de la estructura genética de la colección total.

Resultados y discusiones

El protocolo utilizado permitió obtener un ADN de buena calidad y en cantidad suficiente (20 a 100 ng/µl en un volumen total de 50 -60 ul por muestra) para los análisis moleculares con microsatélites utilizados en el estudio. Una de las principales ventajas de los marcadores moleculares tipo microsatélites es la pequeña cantidad de ADN que se necesita para la amplificación, siendo esta de 5 a 50 ng por reacción (Torrez y Moreno, 2001).

Diversidad genética

Cada una de la regiones microsatélite constituye un locus genético y los diferentes tamaños de bandas que se pueden amplificar constituyen el patrón alélico o los diversos alelos de ese locus (Hajeer *et al*., 2000) entonces un individuo queda identificado por el total de

alelos obtenidos (huella digital) (Figura 1). La comparación de estos patrones alélicos a través de un coeficiente de similaridad, permite establecer las relaciones genéticas de los individuos que se representan mediante un dendrograma (Pejic *et al*., 1998).

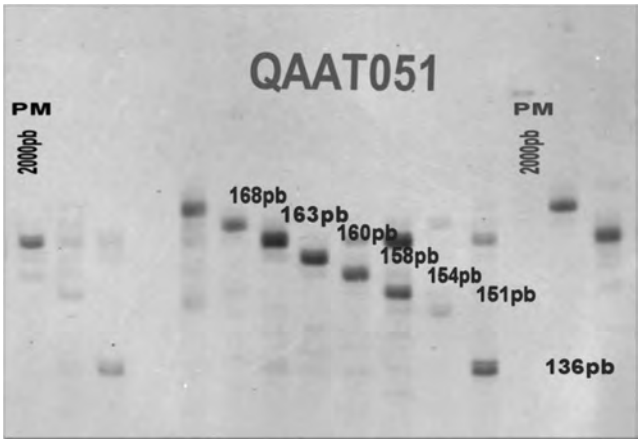


Figura 1.
Patrón alélico en accesiones de quinua

Se detectaron un total de 129 alelos entre las diferentes regiones analizadas, en un rango de 5 (QCA006) y 30 (QAAT 022) con un promedio de 16 alelos por locus, que van de 111 pares de bases (pb) a 239 pb (Cuadro 2), observándose un mayor número de alelos detectados en relación a los reportados por Maughan *et al., (*2004), y Fuentes *et al.,*(2008).

Cuadro 2.
Número de alelos en pares de bases (pb) y frecuencias alélicas de los loci analizados.

N°	QCA006		QATG019		QAAT051		QCA058		QAAT050		QAAT074		QAAT076		QAAT022	
	Alelos pb	Frecuencia alélica	Alelos pb	Frecuencia alélica	Alelos pb	Frecuencia alélica	Alelos pb	Frecuencia alélica	Alelos pb	Frecuencia alélica	Alelos pb	Frecuencia alélica	Alelos pb	Frecuencia alélica	Alelos pb	Frecuencia alélica
1	126	0,09116480	188	0,00112106	168	0,02673959	187	0,00129582	235	0,04365782	239	0,00619893	218	0,01532148	235	0,01197246
2	124	0,28406793	185	0,00067265	163	0,09054998	185	0,02721214	227	0,01769912	214	0,01831502	215	0,00930233	228	0,02184975
3	122	0,27335220	182	0,17690583	160	0,21938820	184	0,20844132	220	0,03477876	210	0,02958580	213	0,00683995	223	0,03412152
4	113	0,16761019	179	0,03094170	158	0,33272562	182	0,20510922	215	0,02654867	206	0,03381234	209	0,02626539	213	0,03920982
5	111	0,18376488	176	0,22645740	154	0,07383774	180	0,03424658	210	0,02772861	203	0,05409975	206	0,02435021	209	0,03771326
6			174	0,01322870	151	0,08052264	178	0,00925583	205	0,08141593	199	0,05353621	203	0,01121751	206	0,02274768
7			172	0,01165919	148	0,07869848	176	0,02128841	203	0,12182891	197	0,08368555	198	0,02325581	203	0,05208022
8			168	0,21614350	146	0,00972349	173	0,00166605	201	0,10884956	195	0,04339250	195	0,02325581	201	0,02723735
9			164	0,32286996	140	0,00000000	171	0,02054795	198	0,11209440	193	0,09157509	193	0,03419973	198	0,04310087
10					136	0,08690368	170	0,20492410	194	0,14778761	189	0,07016061	189	0,05991792	195	0,04639330
11					134	0,00091158	168	0,22639763	191	0,10353982	186	0,08791209	187	0,06347469	192	0,05716851
12							166	0,03961496	186	0,07581121	183	0,09016624	184	0,06210670	190	0,07333134
13									184	0,00648968	180	0,04818259	178	0,07414501	187	0,07542652
14									182	0,02654867	178	0,03183895	175	0,07359781	185	0,07303203
15									178	0,06607670	175	0,02479572	172	0,07004104	183	0,01945525
16									174	0,00678466	171	0,04621020	170	0,02783338	181	0,05357577
17									172	0,00068997	169	0,08424908	168	0,06374829	179	0,04759054
18									170	0,00176991	166	0,07354184	165	0,06320109	176	0,01975456
19											163	0,02674049	161	0,07624897	173	0,03472014
20													157	0,04295486	171	0,04160431
21													153	0,02134063	169	0,02963185

22													150	0.01042544	167	0.04250224
23													148	0.03201094	165	0.01885663
24													145	0.05745554	162	0.02514217
25													143	0.01668947	159	0.01795870
26															154	0.00987726
27															148	0.00808141
28															146	0.00688417
29															143	0.00718348
30															135	0.00179587

El contenido de información polimórfica (PIC) para la colección total, presentó valores entre 0.73 a 0.95 con un promedio de 0.84, resultando todos los marcadores altamente polimórficos (Cuadro 3), siendo similares o mayores a los hallados por Mason *et al.* (2005) y Maughan *et al.*(2004).

Observando los valores de PIC por regiones (Cuadro 3), los microsatélites QAAT074, QAAT076 y QAAT022 resultan ser los más polimórficos y con valores superiores a los reportados por los mismos autores.

En el Cuadro 3 se muestra también la diversidad genética expresada por el valor de PIC para cada grupo de quinuas de las diferentes regiones evaluadas, siendo las quinuas del Altiplano Central y del Altiplano Sur las más representativas de Bolivia presentando altos valores de PIC.

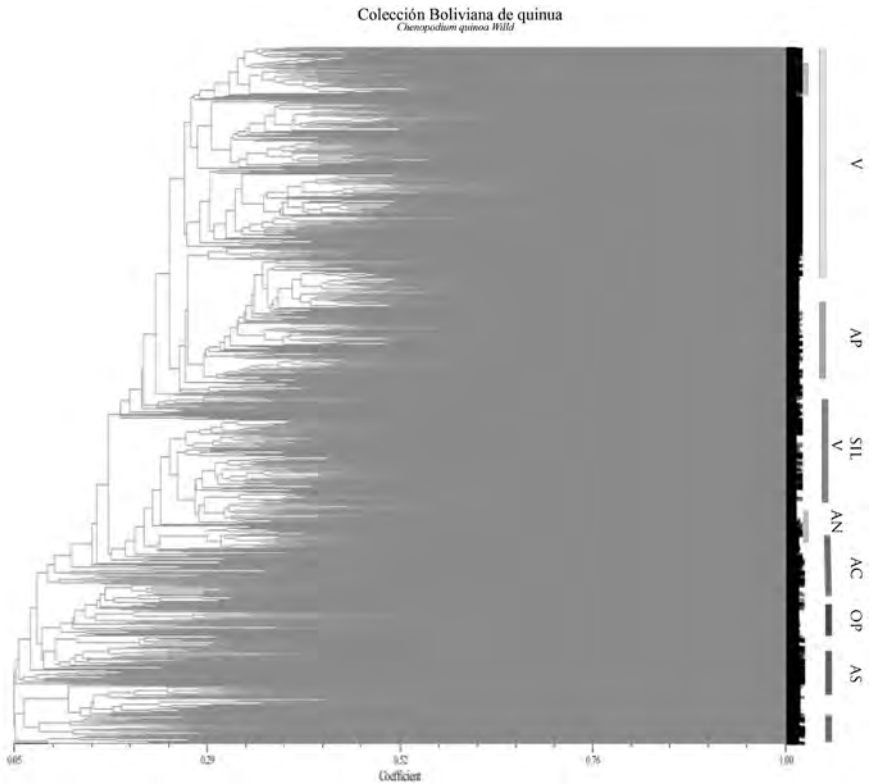
Cuadro 3.

Valores de PIC para los ocho microsatélites por regiones y para la colección total.

Locus	Valor de PIC por Region							PIC	H
	A C	A S	A N	V	Silv.	AP	OP	Colección total	
QCA006	0,72	0,69	0,00	0,00	0,00	0,69	0,72	0,74	0,77
QATG019	0,69	0,65	0,00	0,00	0,00	0,71	0,75	0,73	0,77
QAAT051	0,75	0,79	0,71	0,74	0,79	0,51	0,66	0,78	0,81
QCA058	0,76	0,80	0,00	0,00	0,00	0,81	0,81	0,79	0,82
QAAT050	0,77	0,73	0,74	0,75	0,88	0,87	0,90	0,90	0,91
QAAT074	0,92	0,90	0,90	0,87	0,89	0,89	0,89	0,93	0,93
QAAT076	0,92	**0,92**	0,89	0,93	0,91	0,90	0,90	0,94	0,95
QAAT022	**0,91**	0,90	0,87	0,94	0,92	**0,91**	0,88	0,95	0,95
Promedio	0,81	0,80	0,51	0,53	0,55	0,79	0,81		

Donde AC: Altiplano Centro; AS: Altiplano Sur; AN: Altiplano Norte; V: Valles; Silv.: Silvestre; AP: Altiplano Perú; OP: Otros Países. PIC: Contenido de información Polimórfica, H: Heterocigocidad.

La Figura 2 muestra el dendrograma generado en base a marcadores moleculares. El coeficiente de similitud varió entre 0.05 y 1, lo que demuestra la gran variabilidad existente en la colección, este dendrograma permite visualizar grupos claramente definidos al interior de la población, y que también presentan una mayor correlación con la distribución geográfica. Así, se pueden identificar grupos compuestos predominantemente por accesiones del Altiplano Centro, del Altiplano del Perú, y del Altiplano Sur. Las accesiones del grupo denominado "Otros Países" se distribuyen en los diferentes grupos, lo que significa que sus características son compartidas con las quinuas de diferentes regiones. Las quinuas silvestres no forman un grupo separado de las quinuas cultivadas, éstas se entremezclan con quinuas del Altiplano Norte y de los Valles.



Donde, AC: Altiplano Centro (827 accesiones); AS: Altiplano Sur(434); AN: Altiplano Norte (138); V: Valles (325); Silv: Silvestre (133); AP: Altiplano del Perú (562); OP: Otros Países (96).

Figura 2.
Dendrograma generado por el programa NTSYS PC 2.10 mediante el análisis de UPGMA y coeficiente de similitud de Jaccard a partir de datos de 8 marcadores microsatélites en 2515 accesiones de quinua (Chenopodium quinua* Willd*).

Se logró identificar también la presencia de ocho accesiones duplicadas distribuidas en 4 ramas (Sigarroa *et al.,* 2002) del dendrograma: BOL0305 y BOL0306, BOL2003 y BOL2006, BOL2004 y BOL2005 y por último BOL1528 y BOL1529.

En la Figura 3 se puede observar que las accesiones de la colección núcleo están distribuidas a lo largo de todo el dendrograma, de las cuales 43 accesiones provienen del altiplano sur, 51 del altiplano centro, 15 de altiplano norte, 28 de valles, 41 de norte Perú y 11 del grupo denominado otros países; por lo que es posible concluir que la colección núcleo es representativa de la diversidad genética. Al respecto Brown (1989), recomienda que la colección núcleo debe contener un 10% de colección total, entonces es posible aumentar individuos a la colección núcleo actual, la que cuenta con 189 accesiones.

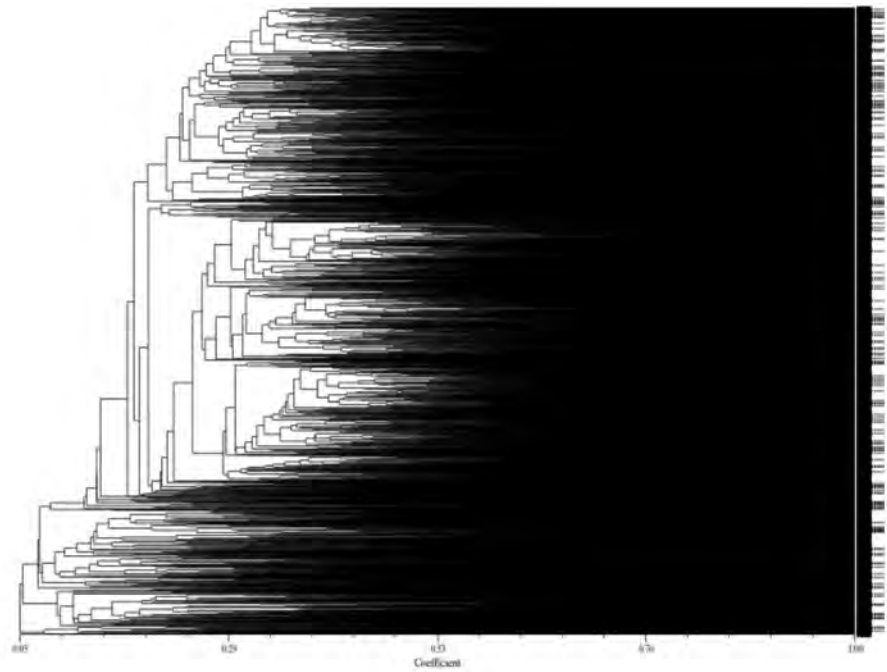


Figura 3.
Dendrograma generado por el programa NTSys-pc 2.10 por método UPGMA y Coeficiente de Similitud de Jaccard, con las 189 accesiones (en asteriscos) que conforman la colección núcleo.

Conclusiones

- La información generada por los ocho loci analizados en geles de poliacrilamida permitieron asignar un perfil molecular a cada una de las 2515 accesiones de la colección de germoplasma de quinua.
- Los microsatélites utilizados son altamente polimórficos ya que presentan un elevado índice de contenido polimórfico con valores de 0.73a 0.95 lo que permite evidenciar la gran capacidad discriminatoria que poseen estos microsatélites.
- Los microsatélites permitieron generar un gran número de alelos que van de 5 (QCA006) a 30 (QAAT 022) alelos por locus y con un rango de tamaño de 111pb a 239 bp.
- El dendrograma generado a partir de la información obtenida con los ocho microsatélites (QCA-006, QATG-019, QAAT-051, QCA-058, QAAT-050, QAAT-074, QAAT-076 y QAAT-022) utilizando el método de agrupamiento de UPGMA y el coeficiente de similitud de Jaccard, permitió la formación de grupos con accesiones en su mayoría de la misma región, como observamos en la Figura 2.

- Se identificó la presencia de ocho accesiones duplicadas distribuidas en 4 ramas BOL0305 y BOL0306, BOL2003 y BOL2006, BOL2004 y BOL2005 y por último BOL1528 y BOL1529.
- Se logró contribuir en la conformación de una colección núcleo de quinua, con 189 accesiones representativas de la colección total.

Agradecimientos. Este trabajo fue llevado a cabo en el marco del proyecto "Manejo, conservación y uso sostenible de granos altoandinos" del Sistema Nacional de Recursos Genéticos para la Alimentación y la Agricultura (SINARGEAA) y el proyecto Quinua apoyado por la Fundación McKnight. Agradecemos también las contribuciones de las siguientes personas: Dr. Jorge Rojas Beltrán, Abel Turumaya, Pilar Gutierrez, Rocio Maldonado, Lucia Perez, Lilian Pinto y Masiel Ocando.

Referencias citadas

Bonifacio A. 2001 Chenopodium sp., recursos genéticos, etnobotánica y distribución geográfica. En QUINUA (Chenopodium quinoaWilld.) Ancestral cultivo Andino, Alimento del presente y futuro. Jacobsen SE., Izquierdo J., Marathee JP. Editores (FAO).

Brown, A.H.D. 1989. The case for core collections. In: Frankel, O.H., Marshall, D.R. and Williams, J.T. (Eds.). The use of Plant Genetic Resources, IBPGR, 1989.

Chauhan, G.S., N.A.M. Eskin y R. Tkachuk 1992. Nutrients and anti-nutrients in quinua seed. Cereal Chemistry 69 (1):85-88.

Doyle JJ, Doyle JL. 1990. Isolation of plant DNA from fresh tissue. Focus 12(1):13-15

Fuentes, A., Martinez, P. ,Hinrichsen, E., Jellen, N., Maughan, J. 2008. Assessment of genetic diversity patterns in Chilean quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) germplasm using multiplex fluorescent microsatellite markers.conserv genet.

Gandarillas, H. 1979. Genética y origen de la quinua.. En: Tapia, M.E. (ed.). Quinua y Kanihua, Cultivos Andinos. IICA, Bogotá. values for harvested forest plants in Madre de Dios, Perú: towards a more contextualised. pp 45-64

Hajeer, A.; Worthington, J. and John, S. 2000. SNP and microsatellite genotyping: Markers for genetic analysis. En: Biotechniques: Molecular laboratory methods series. Eaton Publishing, Manchester, U.K.Jaccard, P. 1901 Bulletin del la SociétéVaudoisedes Sciences Naturelles 37,241-272.

Mason SL, Stevens MR, Jellen EN, Bonifacio A, Fairbanks DJ,Coleman CE, McCarty RR, Rasmussen AG, Maughan PJ. 2005. Development and use of microsatellite markers for germplasm characterization in quinoa (Chenopodium quinoa Willd.). Crop Sci 45:1618–163.

Maughan J, Bonifacio A, Jellen E, Stevens M, Coleman C, Ricks M, Mason S, Jarvis D, ardunia B, Fairbanks D. 2004. A genetic linkage map of quinoa (Chenopodium quinoa) based on AFLP, RAPD, and SSR markers. TheorAppl Genet 109:1188–1195.

Pejic, I.; Ajmone, P.; Morgante, M.; Kozumplick, V.; Castiglioni, P.; Taramino, G. and Motto M. 1998. Comparative analysis of genetic similarity among inbred maize lines detected by RFLPs, RAPDs, SSRs and AFLPs. *TheorAppl Genet* 97: 1248-1255.

PROMEGA. 1993. SILVER SEQUENCE™ DNA Sequencing System Technical Manual.http://wheat.pw.usda.gov/~lazo/methods/pro/tm023.html.

Ramakrishna, W; Chowdari, K.; Lagu, M.; Gupta, V. and Ranjekar, P. 1995. DNA fingerprinting to detect genetic variation in rice using hypervariable DNA sequences. Theor. Appl. Genet. 90 :1000-1006

Sigarroa, A, Cornide MT. 2002**.** Procesamiento estadístico e interpretación del polimorfismo**.** En M.T. Cornide, A Arencibia, V Berovides, D Calvo, E Canales, O Coto, C Gonzáles, M Rodríguez, JE Sánchez, A Sigarroa, X Xiques, eds, Marcadores Moleculares en la genética y la selección de las plantas, 1 ed. Félix Varela, La Habana – Cuba, pp 147 - 202.

Simmonds NW. 1971. The breeding system of Chenopodium quinoa. I. Male sterility. Heredity 27:73–82.

Sokal, R., Sneath, P. 1963. Principles of Numerical Taxonomy. Freeman & Co., San Francisco

Torrez ME, Moreno S. 2001. Caracterización mediante marcadores moleculares basados en ADN. En F González – Andrés, J Pita Villamil, eds, Conservación y caracterización de recursos fitogenéticos, 1ed.Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola I.N.E.A., Valladolid – España, pp 235 - 253.

Ward SM. 2000. Allotetraploid segregation for single-gene morphological characters in quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) Euphytica 116:11–16

Rojas, W. 2001. Distribución geográfica de la colección de germoplasma de quinua. Informe anual 2001/2002. Proyecto Mcknight. Fundación PROINPA. 5p.

Rojas, W. 2003. Multivariate analysis of genetic diversityof Bolivian quinoa germplasm. Food reviews International, 19(1-2):9-23.

Rojas, W. (ed.) 2008. Manejo, conservación y uso sostenible de los recursos genéticos de granos altoandinos, en el marco del SINARGEAA. Informe Fase 2003-2008, Fundación PROINPA. La Paz, Bolivia. 49 p

Rojas, W. 2010. Granos Andinos: Avances, logros y experiencias desarrolladas en quinua, cañahua y amaranto en Bolivia, en el marco del proyecto IFAD-NUS I yII para Bolivia. 2001-2010, Fundación PROINPA. La Paz, Bolivia.

Van Hintum ThJL, Brown AHD, Spillane C, Hodgkin T (2003) Colecciones núcleo de recursos fitogenéticos. Boletín Técnico No. 3 del IPGRI. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos, Roma, Italia.

Zambrano, A.Y; J.R. Demey; F. Fuenmayor; V. Segovia; Z. Gutiérrez. 2003. Diversidad genética de una colección de yuca a través de marcadores moleculares RAPDS. Agronomía Trop., Venezuela 2 (53): 155-174.

Estado de la conservación *in situ* de la quinua silvestre en el área circundante al lago Titicaca, Bolivia

Eliseo Mamani; Juana Flores; Milton Pinto; Wilfredo Rojas.

Fundación PROINPA.

E-mail: e.mamani@proinpa.org

Resumen

La mayor diversidad y variabilidad de quinua y sus parientes silvestres se encuentran en el área circundante al lago Titicaca. Con el objetivo de conocer el estado de conservación ***in situ*** de quinua silvestre, se estudiaron a la variabilidad de plantas, especies, hábitats, distribución, abundancia, usos y amenazas. La investigación se realizó en seis comunidades del área circundante al lago Titicaca, Bolivia. Se realizaron entrevistas, exploraciones botánicas, hábitats, descripción morfológica local, verificaciones taxonómicas y usos con los agricultores. Como resultado se ha evidenciado amplia variabilidad de quinua silvestre, los agricultores describen 12 clases bajo criterios morfológicos, estos pertenecen a las especies ***Chenopodium quinoa*** Willd. subsp. ***milleanum*** Aellen***, Ch. quinoa*** Willd. var. ***melanospermum*** Hunz***, Ch. quinoa*** subsp. var. ***quinoa,*** y ***Ch. álbum*** L., y el estado de conservación muestra a los taxones en la categoría nacional de 'Preocupación Menor' a excepción de ***Ch. álbum***. Las plantas tienen como hábitat parcelas de quinua, oca, cebada, haba y maíz, así como terrenos en descanso, matorrales y pajonales; las semillas se diseminan vía estiércol de animales, vientos y lluvias. Las amenazas son las actividades humanas que disminuyen las poblaciones de planta de quinua silvestre, así como factores climáticos como granizada e inundaciones que limitan el normal desarrollo de las plantas. Los granos y hojas son utilizados por los agricultores en la alimentación y medicina.

Palabras claves: Quinua silvestre; conservación; ***in situ; Chenopodium.***

Introducción

La quinua silvestre es conocida como ajara o aara, y es el ancestro de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). Las descripciones morfológicas de quinua hechas por Cárdenas (1944), se hace referencia a la quinua silvestre, que se diferencia por presentar granos

de color negro y que denominadas ajaras. Las primeras descripciones de los parientes silvestres de la quinua fueron realizadas por Humberto Gandarillas en la década de los 70', quien reportó la existencia de tres especies silvestres del género *Chenopodium quinoa* subsp. *milleanum, Chenopodium hircinum* y *Chenopodium petiolar* (Gandarillas, 1984). Posteriormente Wilson (1981-1988) separa a las especies, basándose en características morfológicas y distingue a las plantas domesticadas (*Ch. quinoa* Willd.), que son las que producen plantas de semillas de color translúcido y las no domesticadas (*Ch. quinoa* Willd. subsp. *milleanum* Aellen, *Ch. quinoa* Willd. var. *melanospermum* Hunz. y *Ch. hircinum* Schard.) que presentan semillas de color oscuro. Rojas *et al.* 2008, en base al material genético de quinua silvestre conservado en el Banco Nacional de Germoplasma de Granos Altoandinos, identifico 8 taxones del género *Chenopodium* (*Chenopodium quinoa* subsp. *milleanum, Ch. quinoa* var. *melanospermum, Ch. quinoa* subsp. var. *quinoa, Ch. hircinum* subsp. *hircinum* var. *andinum, Ch. hircinum* subsp. *catamarcensis, Ch. hircinum, Ch. hircinum* subsp. *eu-hircinum* y *Ch. album*).

Las plantas de quinua silvestre se encuentran frecuentemente en los sitios cultivados (Cárdenas, 1944), viven en borduras de las parcelas, en parcelas de descanso, acequias, orillas de riachuelos y en proximidades a las viviendas de los agricultores, las especies *Chenopodium quinoa* subsp. *milleanum, Ch. quinoa* var. *melanospermum, Ch. quinoa* subsp. var. *quinoa* están distribuidos en el altiplano y los valles, mientras la *Chenopodium hircinum* solo en los valles (Pinto *et al.* 2008). Según el Libro Rojo de los Parientes Silvestres de cultivos de Bolivia, solo las especies *Ch. hircinum* subsp. *hircinum* var. *andinum, Ch. hircinum* subsp. *catamarcensis, Ch. hircinum* y *Ch. hircinum* subsp. *eu-hircinum* están en peligro, por su poca distribución y abundancia (Mamani *et al.* 2009).

La quinua silvestre es conocida y conservada *in situ* desde antes de la domesticación de la quinua. Según reportes la quinua fue domesticada hace más de 7000 años (Jacobsen, 2003), en cuya domesticación y conservación han sido partícipes las grandes culturas como la Tiahuanacota y la Incaica (Bonifacio *et al.* 2001), y alrededor del lago Titicaca, entre La Paz, Bolivia y Puno, Perú, se da la mayor variabilidad de granos como la quinua (Rea, 2001). Con el objetivo de conocer el estado de conservación *in situ* de quinua silvestre en el área circundante al lago Titicaca, se estudiaron a la variabilidad de plantas, especies, hábitats, distribución, abundancia, usos y amenazas.

Materiales y métodos

Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en la cuenca del lago Titicaca, del departamento de La Paz, Bolivia, entre 15°31'50.33" a 16°34'5.13" Latitud Sur, 69° 3'33.85" a 69° 0'26.57" Longitud Oeste, y 3815 a 4200 m de altitud. Se eligieron seis comunidades de muestreo distribuidas a lo largo de la cuenca del lago Titicaca, en el sur se consideró la comunidad Titijoni que pertenece a la provincia Ingavi, en la parte media a las comunidades Cachilaya de la provincia Los Andes, Coromata Media de la provincia Omasuyos y Santiago de Okola de

la provincia Camacho, y en el norte a las comunidades Jutilaya y Cariquina Grande de la provincia Camacho. Las comunidades se encuentran en la eco-región del Altiplano en la subregión Puna Norteña Húmeda (Ibisch *et al.* 2006). El clima es la región es frío, con temperaturas entre 7 a 10 °C, templadas en elevadas en verano y bajas en invierno, las precipitaciones oscilan entre 600 a 800 mm/año y disminuyen de norte al sur.

Metodología

Con el fin de obtener información acerca de los parientes silvestres, se emplearon diferentes métodos y técnicas. Se realizaron entrevistas entre 30-50% de la poblacional total de cada comunidad estudiada (16 personas en Titijoni, 29 en Cachilaya, 22 en Santiago de Okola, 21 en Jutilaya y 22 en Cariquina Grande). Las entrevistas realizadas en 2007-2012, fueron semi-estructuradas (Mamani *et al.* 2007; Mamani *et al.* 2008; y Mamani, 2012). Luego se realizaron exploraciones botánicas durante la floración y madurez de las plantas (enero y mayo), en diferentes sitios con informantes claves (pobladores con amplio conocimiento en la temática) a fin de que éstos señalaran las características morfológicas de las plantas, uso, hábitats y amenazas.

Se realizaron observaciones en campo con grupos de agricultores, para describir y cuantificar la variabilidad de quinua silvestre, basándose en los criterios morfológicos locales. Las plantas indicadas por los agricultores fueron herborizadas, posteriormente identificadas con nombres científicos con el apoyo del Herbario Nacional de Bolivia.

Sobre la base exploraciones botánicas realizadas con informantes claves, se delimitaron áreas de 100 m^2, centradas en cada uno de los sitios de hábitats muestra, en los se determinó el número de plantas en unidad de superficie, también se describió el hábitat y las amenazas. Sin dejar de considerar la posibilidad que alguna especie en particular pueda ser eventualmente obtenida de sitios más alejados.

La identificación de los distintos usos de quinua silvestre, se realizó mediante entrevistas, observación participante en hogares de las familias y ferias de diversidad. Haciendo una clasificación por tipo de uso de los órganos de la planta, y fue valorado por la edad de las personas considerando el conocimiento local.

Resultados y discusión

En el área circundante al lago Titicaca se ha evidenciado una amplia variabilidad de plantas de quinua silvestre, conocidas como "ajara o aara" por los agricultores, y es reconocida como el ancestro de la quinua. Lo cual ratifica que la quinua fue domesticada hace más de 7000 años (Jacobsen (2003), por grandes culturas Tiahuanacota y la Incaica (Bonifacio *et al.* 2001). Siendo los primeros agricultores de la región del lago Titicaca, que seleccionaron las semillas de las plantas silvestres y comenzaron a sembrarlas con la finalidad de reproducir sus alimentos.

Los aspectos morfológicos son los distintivos de la quinua silvestre, figura el color negro de los granos, las cuales se exhiben durante la madurez, que no es común en las plantas

de quinua cultivada. Característica que también fue mencionada por (Cárdenas, 1944). Por otra parte, los tallos resultan ser más ramificados y más largas en comparación a la cultivada, y los granos se diseminan fácilmente en forma natural.

Variabilidad y distribución de quinua silvestre

La variabilidad de quinua silvestre fue descrita por los agricultores en base a los criterios morfológicos locales, color y forma de los tallos, panojas y granos. Llegando a describir un total de 12 clases o tipos de quinua silvestre, como comúnmente denominan los agricultores. Estas se diferencian por color de tallo, color de la panoja y el color del grano, como se presenta en el siguiente cuadro.

Cuadro 1.

Variabilidad de quinua silvestre según la descripción de los agricultores, bajo criterios locales en la cuenca del lago Titicaca, Bolivia.

Comunidad	Clase o tipo	Color de tallo	Color de la panoja	Color de grano
Titijoni	Ch'uxña Ajara	verde	verde	negro
	Ch'uxña Ajara	verde	verde	plomo oscuro
	Wila Ajara	verde	Rojo	negro
	Wila Ajara	rojo	Rojo	negro
	Q'illu Ajara	verde-amarillo	amarillo	café oscuro
	Q'illu Ajara	verde rojizo	amarillo	negro
Cachilaya	Ch'uxña Ajara	verde rojizo	verde	negro
	Ch'uxña Ajara	verde	verde	negro
	Ch'uxña Ajara	verde	verde	plomo oscuro
	Wila Ajara	rojo	Rojo	negro
	Wila Ajara	verde	Rojo	negro
	Q'illu Ajara	amarillo	amarillo	plomo oscuro
	Naranja Ajara	naranja	verde-naranja	café oscuro
Coromata Media	Q'illu Ajara	amarillo	amarillo	negro
	Wila Ajara	rojo	Rojo	café oscuro
	Ch'uxña Ajara	verde	verde	negro
Santiago de Okola	Wila Ajara	rojo	Rojo	café oscuro
	Naranja Ajara	naranja	anaranjado oscuro	café oscuro
	Ch'uxña Ajara	verde	verde	plomo oscuro
	Ch'uxña Ajara	verde	verde	negro
	Q'illu Ajara	amarillo	amarillo	negro
	Wila Ajara	rojo	Rojo	negro
Jutilaya	Wila Ajara	rojo	Rojo	negro
	Ch'uxña Ajara	verde	verde	plomo oscuro
	Naranja Ajara	naranja	anaranjado oscuro	café oscuro
	Q'illu Ajara	amarillo	amarillo	plomo oscuro
Cariquina Grande	Ch'uxña Ajara	verde	verde	negro
	Wila Ajara	rojo	rojo	negro
	Q'illu Ajara	verde	amarillo	café oscuro
	Wila Ajara	verde	rojo	negro

En el sur de la cuenca del lago Titicaca en la comunidad Titijoni, los agricultores describen 6 clases o tipos de quinua silvestres; en la parte central de la cuenca en Cachilaya y Santiago de Okola sé describieron 9 clases, en cada comunidad, y en Coromata Media 3 clases; en el norte de la cuenca en Jutilaya y Cariquina Grandes se describieron 4 clases en cada comunidad. Esto muestra que la mayor variabilidad de quinua silvestre se encuentra en las comunidades ubicadas a orillas del lago a 3815 m de altitud como son Cachilaya, Titijoni y Santiago de Okolas, en cambio en las comunidades a más de 3900 m de altitud, existe menor variabilidad de quinua silvestre como se ve en las comunidades de Jutilaya, Cariquina Grande y Coromata Media. Lo cual demuestra que la variabilidad está asociada a la gradiente altitudinal y está a la temperatura.

En cuanto a las especies taxonómicas, se pudo verificar la presencia de dos especies, entre ellas están cuatro taxones *Chenopodium quinoa* Willd subsp. *milleanum* Aellen*, Ch. quinoa* Willd var. *melanospermum* Hunz*, Ch. quinoa* subsp. var. *quinoa,* y *Ch. álbum* L. Estas especies en el estudio de clasificación taxonómica de los parientes silvestres de quinua, fueron reportadas en la zona del lago Titicaca por Rojas y Pinto (2011).

En el sur del lago, en la comunidad Titijoni se verificaron la presencia de *Chenopodium quinoa* Willd subsp. *milleanum* Aellen*, Ch. quinoa* Willd var. *melanospermum* Hunz*, Ch. quinoa* subsp. var. *quinoa;* estos mismos se encuentran en las comunidades Cachilaya y Santiago de Okola en la parte central del cuenca; mientras en las comunidades Coromata Media y Jutilaya solo se encontraron *Chenopodium quinoa* Willd subsp. *milleanum* Aellen*, Ch. quinoa* Willd var. *melanospermum* Hunz; y el norte de la cuenca en Cariquina Grande están se encontraron a *Chenopodium quinoa* Willd subsp. *milleanum* Aellen*, Ch. quinoa* Willd var. *melanospermum* Hunz*,* y *Ch. álbum* L. este *último se atribuye a la mayor humeda*d de la zona. Los taxones encontraron en el estudio, según (Pinto *et al.* 2008) tienen una amplia distribución en Bolivia, están presentes en el Altiplano y en los Valles del país.

Hábitat y abundancia del pariente silvestre

Los hábitats naturales de la quinua silvestre, son los campos de agrícolas, terrenos en descanso, matorrales y pajonales. Se ratifica, la quinua silvestre estaba frecuentemente en los sitios cultivados (Cárdenas, 1994). En mayor número se encuentran en medio de las parcelas de quinua, haba, arveja, avena y cebada, además en borduras de dichos cultivos, mientras en parcelas de papa, oca, isaño y papalisa, están un menor número de plantas debido a que los agricultores realizan labores de deshierbe y aporque eliminando las plantas silvestres de quinua. También se encontró en parcelas en descanso, creciendo junto con plantas silvestres (reloj-reloj, cebadilla y alfalfa carretilla), así como en matorrales y pajonales junto con plantas forrajeras nativas (paja brava, ch'iji, trébol y cola de ratón). Los sitios de habitas están entre 3815 a 4000 m de altitud.

Los campos agrícolas en las comunidades están agrupados en agroecosistemas tradicionales. Las Sayañas que se caracterizan al ubicarse en las planicies y cerca de las

viviendas de los agricultores, albergan el mayor número de plantas de quinua silvestre (56%), mientras en Q'uta Irma que se caracteriza por estar a las orillas del lago, se encuentra el 25% del número de plantas, y el 21% de las plantas se encontraron en las Aynuq'as, que se ubican por lo general en las montañas.

La abundancia de las plantas en los diferentes sitios de hábitats oscila entre 1–17 plantas/m^2. En la comunidad Titijoni, oscila entre 1 a 15 plantas/m^2, con una media de 8.3 plantas/m^2; en Cachilaya va de 1 a 17 plantas/m^2, con una media de 7.7 plantas/m^2; en Coromata Media de 1 a 4 plantas/m^2, con una media de 2 plantas/m^2; en Santiago de Okola de 1 a 10 plantas/m^2, con una media 7.1 plantas/m^2, en Jutilaya de 1 a 6 plantas/m^2, con una media de 3 plantas/m^2, en Cariquina Grande de 1 a 9 plantas/m^2, y con una media de 5.9 plantas/m^2. Esto muestra la mayor abundancia en las comunidades ubicadas a orillas del lago, como Titijoni, Cachilaya y Santiago de Okola, mientras en las comunidades que se encuentran en las montañas como Coromata Media, Jutilaya y Cariquina se registró menor abundancia de plantas silvestres de quinua en los sitios de hábitat.

Las plantas de quinua silvestre, al llegar a la madurez fisiológica, diseminan fácilmente sus semillas a través del viento, arrastre por el agua de lluvias y estiércol de animales principalmente vacunos, ovinos, porcinos y aves silvestres. Esto permite a las plantas silvestres su perpetuidad en la naturaleza y su amplia distribución.



Fotos 1-6.
Hábitats de plantas de quinua silvestre; 1) en parcela de papa, 2) en bordura de parcela de oca, 3) en área de pastoreo, 4) en agroecosistema de Q'uta Irama, 5) en agroecosistema Sayaña y 6) en medio de parcela de haba.

Tipos de usos

Los usos más comunes de la quinua silvestre realizadas por los agricultores, radica en la alimentación y medicina. El uso de los granos y hojas, se denota desde miles de años atrás por los pobladores de la zona. Al respeto Flores *et al.* (2008), señala el uso del grano en la alimentación radica desde hace miles de años en la zona del lago Titicaca. Por su parte Camargo y Rojas (2004) señalan que las familias del altiplano valoran las cualidades nutritivas de la quinua silvestre.

En la alimentación son utilizados hojas y granos de la planta. Los granos son colectados, secados, venteados, trillados y finalmente almacenados en vasijas de barro, entre los meses abril, mayo y junio. Son utilizados en épocas de escases de alimentos entre los meses diciembre y enero, asimismo esto está en función a la disponibilidad de alimentos, se mencionó que existieron años severos de sequía que ocasionó escases de alimentos, es cuando todas las familias acudieron a las plantas silvestres. Del grano de quinua silvestre se preparan "kispiñas negras de ajara" (galleta de quinua silvestre) y "miniaturas de animales y objetos", previo lavado, secado y molido, que es conocido como "acallapu" harina de quinua silvestre. Las hojas tiernas más conocidas como "Chiwa" son utilizadas en la preparación de ensaladas, e incorporas en sopas obteniendo el chairo de quinua silvestre. Se menciona que hasta hace 20 años todas las familias acostumbran preparar alimentos a base de quinua silvestre, actualmente solo las personas mayores consumen alimentos preparados a base de quinua silvestre, la pérdida del conocimiento y consumo, radica en influencia de los alimentos urbanos, y la falta de transmisión de conocimiento a los niños y jóvenes.

En la medicina son usados los granos, para preparar parches para fractura de huesos. Los granos son colectados en tiempo de cosecha y conservados en bolsas, cuando existen accidentes son usados. El parche es preparada con el grano de quinua silvestre, junto con hojas de garbanzo (*Cicer arietinum* L.), chillca (*Baccharis salicifolia* R.&P.) y Manq'a Paqui, además se adiciona altamisa (mesa preparada para rituales), todos son molidos y mezclados con agua, llegando a tener un parque, que es aplicado sobre la fractura del hueso. El parche es utilizado en la fractura de huesos en animales como en humanos, para su preparación y uso, existen personas especializadas, a quienes acuden las personas de las comunidades cuando existe fractura de huesos.

Amenazas latentes para la población de quinua silvestre

Las actividades humanas ejercen una influencia importante sobre la abundancia las especies silvestres de quinua, además de factores climáticos. La quinua silvestres es considera maleza por los agricultores, al estar en medio de los cultivos y perjudican en el crecimiento de las plantas cultivadas al competir por nutrientes, razón por la cual son eliminados del medio de los sembradíos de papa, oca, isaño y maíz cuando están en floración, esto disminuye la diseminación natural, sin embargo en las parcelas de quinua, cebada, haba y trigo no son eliminadas. Entre los factores climáticos, las gra-

nizadas e inundaciones causan daños a las plantas que son irreversibles, la granizada daña a las hojas y tallos dejando poco prospero a las plantas, y las inundaciones provocan estrés hídrico por el exceso de agua, lo cual hace que mueran la mayor cantidad de plantas silvestres de quinua.

Estado de conservación

Las especies, subespecies y variedades de quinua silvestre *Chenopodium quinoa* Willd subsp. *milleanum* Aellen*, Ch. quinoa* Willd var. *melanospermum* Hunz*,* y *Ch. quinoa* subsp. var. *quinoa,* encontradas en la cuenca del lago Titicaca, se encuentran dentro de la categoría de 'Preocupación Menor' conforme a la categorización nacional de los parientes silvestres de quinua en Bolivia (Mamani *et al.* 2008) que fue categorizada bajo los criterios de la UICN; dicha información es ratificada al no estar presentes en la Lista Roja de los Parientes Silvestres de Cultivos de Bolivia que incluye al género Chenopodium (Mamani *et al.* 2009). La abundancia y la mayor distribución de las poblaciones de las especies, subespecies y variedades verificadas hacen que no estén en las categorías amenazadas. En cambio la especie *Chenopodium álbum* no fue categorizada por contar con poca información a nivel nacional.

Conclusiones

- Se ha evidenciado amplia variabilidad de quinua silvestre en el área circundante al lago Titicaca, Bolivia. Los agricultores describen 12 clases bajo criterios morfológicos, que pertenecen a las especies *Chenopodium quinoa* Willd subsp. *milleanum* Aellen*, Ch. quinoa* Willd var. *melanospermum* Hunz*, Ch. quinoa* subsp. var. *quinoa,* y *Ch. álbum* L.
- Los hábitats naturales de quinua silvestre son parcelas de cultivos (quinua, oca, cebada, haba y maíz), así como terrenos en descanso, matorrales y pajonales. En los diferentes sitios de hábitat varia la abundancia entre 1 a 17 plantas/m^2, siendo el agroecosistema Sayaña la que alberga la mayor cantidad de plantas. Y la diseminación de semillas se da vía estiércol de animales, vientos y agua de lluvias.
- Los agricultores utilizan los granos y hojas en la alimentación, y los granos en medicina para elaborar parches. Sin embargo las actividades humanas disminuyen las poblaciones de quinua silvestre, al igual que los factores climáticos granizada e inundaciones que limitan el normal desarrollo de las plantas.
- Según la categorización nacional de los parientes silvestres de quinua en Bolivia, los taxones *Chenopodium quinoa* Willd subsp. *milleanum* Aellen*, Ch. quinoa* Willd var. *melanospermum* Hunz*, Ch. quinoa* subsp. var. *quinoa,* y *Ch. álbum* L., se encuentran en la Categoría de 'Preocupación Menor', a excepción *Ch. álbum* que no fue categorizada.

Referencias citadas

Bonifacio A. (2001) Recursos genéticos, etnobotánica y distribución geográfica. En: Mujica A., Jacobsen S.E., Izquierdo J. y Marathee J.P., eds. Primer taller internacional sobre quinoa. 2001. Cultivos Andinos. [CD-ROM]. Santiago: FAO, UNA-Puno, CIP.

Camargo, A. y W. Rojas, (2004) Distribución geográfica e identificación taxonómica del germoplasma de quinua silvestre. En Rojas, W. (ed). Informe final 2003-2004. Proyecto: Manejo, conservación y uso sostenible de los recursos genéticos de granos altoandinos, en el marco del SINARGEAA. PROINPA. La Paz, Bolivia. pp. 6-10.

Flores, J. E. Mamani, M. Pinto y W. Rojas. (2008) La quinua silvestre. Usos y potencialidades. Ficha Técnica 1. VBRFMA-PROINPA, La Paz. 4 p.

Gandarillas H. (1984) Botánica. En: Quinua y Kañiwa: Cultivos Andinos. Bogotá. CIID. Oficina Regional para América Latina. pp 20-44.

Gandarillas, H. (1984) Obtención experimental de *Chenopodium quinoa* Willd. La Paz. Ministerio de Asuntos Campesinos y Agropecuarios. IBTA. pp.21.

Ibisch P. L., S.G. Beck, B. Gerkmann, y A. Carretero. (2006) Mapa de las ecoregiones de Bolivia.

Jacobsen, S. E. (2003) The worldwide potential of quinoa (Chenopodium quinoa Willd.). Food Rev. Int. 19(1-2):167-177.

Mamani E., M. Pinto y W. Rojas. (2009) Chenopodium. pp. 119-134. En: VMMBCC-BIOVERSITY, 2009. Libro Rojo de Parientes Silvestres de Cultivos de Bolivia. Plural editors. La Paz, Bolivia. 344 p.

Mamani, E., J. Flores, C. Alanoca, H. Mendoza y W. Rojas. (2007) Inventario participativo de poblaciones silvestres de quinua y cañahua en tres microcentros de diversidad. pp 53-65. En: Rojas, W. (ed.) 2007. Conservación complementaria ex situ – in situ de especies silvestres de quinua y cañahua. Informe Final 2007. Proyecto UNEP/GEF. Fundación PROINPA. La Paz, Bolivia. 99 p.

Mamani, E., M. Pinto y J. Flores. (2008) Determinación la distribución geográfica dentro y fuera de áreas protegidas, el impacto del cambio climático sobre la distribución de especies y los centros de diversidad de especies de quinua y cañahua. Pp. 48-55. Rojas, W. (ed.) 2008. Conservación complementaria ex situ – in situ de especies silvestres de quinua y cañahua. Informe Final 2008. Proyecto UNEP/GEF. Fundación PROINPA. La Paz, Bolivia. 112 p.

Mamani E. (2012) Identificación de poblaciones silvestres de papa, oca, quinua, cañahua y tarwi en las comunidades Jutilaya. En: Informe Anual 2012. Proyecto Andescrop. La Paz, Bolivia. pp. 6-7.

Pinto, M., E. Mamani y W. Rojas. (2008) Distribución geográfica de especies de quinua silvestre conservadas en el Banco de Germoplasma de Granos Andinos. pp 45-55. En: Revista de Agricultura-UMSS (44), Cochabamba.

Rea, J. (2001) Conservación y manejo in situ de recursos fitogenéticos agrícolas en Bolivia. pp 6.

Rojas, W. E. Mamani, M. Pinto, C. Alanoca y T. Ortuño. (2008) Identificación taxonómica de parientes silvestres de quinua del banco nacional de germoplasma de los granos altoandinos. pp 56-65. En: Revista de Agricultura-UMSS (44), Cochabamba.

Rojas W. y M. Pinto. (2011) Clasificación taxonómica de los parientes silvestres de la quinua. pp. 70-73. En: Fundación PROINPA (2011). Informe Compendio 2007-2010. Cochabamba. Bolivia. 112 p.

Unión Internacional para la conservación de la Naturaleza (UICN). (2001) Categorías y criterios de la Lista Roja de la IUCN: Versión 3.1 Comisión de supervivencia de Especies de la IUCN, Gland y Cambridge. 33 p.

Wilson H. 1988. Quinua biosystematics. In: domesticated populations. Econ. Bot. 42. 461-477.

Descenso de la germinación de la semilla por grupos diferenciados en la colección de germoplasma de quinua de Bolivia

Milton Pinto; Wilfredo Rojas.

Fundacion PROINPA.

E-mail: m.pinto@proinpa.org y w.rojas@proinpa.org

Resumen

Este estudio tuvo como objetivo generar información sobre el descenso de la germinación de las semillas de quinua en grupos diferenciados, que sirva para establecer a largo plazo cronogramas de regeneración en la colección de germoplasma de quinua. En base a información del porcentaje de germinación después de siete años de almacenamiento, se formaron 14 grupos de diferente comportamiento germinativo, 9 con accesiones de quinua cultivada y 5 con accesiones de quinua silvestre. Posteriormente se seleccionaron 3 accesiones representativas por grupo para realizar el monitoreo de la germinación 2 veces por año. Los resultados indican que después de 13 semestres consecutivos de almacenamiento a 10ºC y 45% de humedad relativa, el 96% de quinuas cultivadas (26 accesiones) de los 9 grupos, redujeron su germinación entre 1 a 85%, mientras que el 4% (1 accesión) incremento el porcentaje de germinación en 2 %, en el mismo tiempo de almacenamiento. Mientras que de las 15 accesiones de quinua silvestre análizadas, solo el 20% aumento su germinación de 3 a 7 % y el otro 80% de accesiones de quinua silvestre registro un descenso de 2 a 86 % de germinacion. Como conclusion del estudio se estableció que luego de 13 semestres de almacenamietno, el 70% de las accesiones de quinua cultivada y el 27% de las accesiones de quinua silvestre, registraron pocentajes de germinación inferiores a lo que exige la norma (85% y 65% de germinación, respectivamente), lo cual muestra que no es suficiente las condiciones medioambientales del altiplano para garantizar periodos largos para el mantenimiento de germinación de las semillas de quinua. También se observó que existe una importante variación interpoblacional en las muestras de germoplasma y que son determinantes al momento de implementar un cronograma de regeneración.

Palabras claves: Quinua; germinación; accesiones; regeneración; grupos.

Introducción

La FAO (1996) estableció que durante el tiempo que se mantiene conservado, el germoplasma de cualquier especie puede disminuir en cantidad y calidad (viabilidad). El tamaño de las muestras disminnuye con el uso y la distribución mientras que la viabilidad se reduce con el tiempo, incluso si el germoplasma se encuentre almacenado en condiciones óptimas. Cuando esto sucede, hay que multiplicar o regenerar, respectivamente. Al igual que otras actividades de conservación, la multiplicación / regeneración parte de monitorear las muestras y se rige por normas y procedimientos que precisan calidad y cantidad de material requerido y consiste en poner a germinar una muestra de semillas por cada accesión para averiguar el porcentaje de germinación que posee (Jaramillo y Baena, 2000). La finalidad de las pruebas de control de la germinación es para precisar la regeneración, el método más sencillo para averiguar si se está produciendo una pérdida sustancial de la viabilidad consiste en representar gráficamente los resultados de las sucesivas pruebas de control frente al periodo de almacenamiento transcurrido y observar si se está produciendo una pérdida gradual de la viabilidad (FAO/IPGRI 1994). Es en este sentido, que se trabajo con accesiones de la colección de germoplasma de quinua con el propósito de generar información sobre el descenso de la germinación de las semillas en grupos diferenciados, que sirva para establecer a largo plazo cronogramas de regeneración en la colección de germoplasma de quinua. Con los resultados del monitoreo de germinación es posible elaborar cronogramas de regeneración que son considerados de vital importancia para asegurar el mantenimiento de las colecciones de germoplasma a largo plazo. Si bien se avanzó en el estudio por más de 6 años consecutivos, el mismo fue planificado para su ejecución a largo plazo para establecer preliminarmente las razones fisiológicas y ambientales que tienen influencia directa en la calidad de las semillas aún en las mejores condiciones de almacenamiento.

Materiales y métodos

Este estudio se realizó en el Centro Quipaquipani de la Fundación PROINPA y de forma coordinada con el Laboratorio de la Oficina Regional de Semillas (ORS) actual INIAF La Paz. El Centro Quipaquipani se encuentra ubicado en la Provincia Ingavi del departamento de La Paz, distante a 4 km al suroeste de la localidad de Viacha. Geográficamente situado a 16°40'26.5" Latitud Sur, 68°18'5.76" Longitud Oeste y a una altitud de 3881 msnm. El Laboratorio de la ORS, se encuentra en la planta baja del Edificio Monterrey situado en la Avenida Busch N° 1370 de la Ciudad de La Paz.

Conformacion de grupos con similar comportamiento germinativo

Esta fase del estudio se inició con el análisis de los datos de germinación de las accesiones de quinua, realizado en la gestión agrícola 1999 – 2000 luego de que el germoplasma estuvo almacenado por más de 7 años . De acuerdo a los resultados de germinación

y a la cantidad de accesiones, se formaron 14 grupos siguiendo criterios de comportamiento germinativo de las semillas conservadas por largos periodos de tiempo. De los 14 grupos formados, 9 corresponden a accesiones de quinua cultivada y 5 a accesiones de quinua silvestre.

Selección de accesiones representativas para monitoreo continuo

Durante la campaña agrícola 2000 - 2001 se realizó la multiplicación en campo de la colección de germoplasma de quinua con el propósito de incrementar la cantidad de semilla y recuperar su vigor germinativo. Posteriormente, se realizó el análisis de germinación de las semillas cosechadas para tener datos inciales para el almacenamiento y que sirvió para el presente estudio. Asimismo, se procedió con la selección de 3 accesiones por grupo luego de verificar que éstas accesiones sean representativas de cada grupo y que cuenten con suficiente cantidad de semilla para continuar con el monitoreo de la germinación dos veces por año, durante por lo menos 15 a 30 años consecutivos. En total se seleccionaron 42 accesiones de quinua pertenecientes a 14 grupos (9 grupos de quinua cultivada y 5 grupos de quinua silvestre). De cada accesión seleccionada se pesaron 100 gramos de semilla que se llevaron a nuevos recipientes de plástico y se ubicaron en el mismo ambiente de almacenamiento y bajo las mismas condiciones de humedad (45%) y temperatura (10°C) que la colección total de germoplasma de quinua. Fue con este material que se realizaron pruebas de germinación semestrales que nos permitieron conocer el descenso de la germinación de las semillas en almacenamiento a corto y mediano plazo.

Monitoreo de la germinación en accesiones seleccionadas

Esta actividad consistió en preparar una muestra fija de 300 semillas por accesión que posteriormente fue subdivididas en tres repeticiones de 100 semillas, cada repetición se colocó en cajas petri, con papel filtro y humedad suficiente, posteriormente, se llevaron a germinadores con temperaturas de 20°C, las evaluaciones se realizaron a partir del tercer día después de la siembra y se prolongaron hasta los 12 días, dependiendo de la respuesta de cada accesión al proceso germinativo. Las pruebas de germinación de las accesiones de 14 grupos de quinua se realizaron dos veces por año, desde el primer semestre de 2004 hasta el primer semestre de 2010.

Elaboración de curvas de descenso de germinación

En base a los registros de germinación, correspondientes a los trece semestres de estudio, se elaboraron gráficas del descenso de la germinación para los grupos de quinua, para ello, se utilizaron los promedios de germinación de cada grupo. Finalmente, se analizó el comportamiento germinativo de cada accesión y de cada grupo, comparando los datos iniciales (1er. semestre 2004) con los del último análisis (1er. semestre 2010).

Resultados y discusión

El material genético estuvo conformado por 2701 accesiones de quinua de las cuales 2545 corresponden a quinuas cultivadas y 156 a quinuas silvestres, pero se consideraron 2311 (2196 quinuas cultivadas y 115 silvestres) accesiones para la identificación de grupos de diferente comportamiento germinativo de las semillas; las restantes 390 accesiones no fueron consideradas del análisis y que corresponde a accesiones vacias, accesiones mezclas y accesiones de valle que no alcanzaron a formar grano en la multiplicación.

Con los resultados de pruebas de germinación en toda la colección de germoplasma de quinua realizadas en la gestión 1999 – 2000, se formaron 9 grupos de quinuas cultivadas y 5 de quinuas silvestres. El método de agrupamiento se basó en identificar accesiones de quinua con similares niveles germinativos que determinaron la formación de grupos de quinuas cultivadas y silvestres con diferentes intervalos de germinación desde valores mínimos a máximos.

Quinuas cultivadas

La descripción de la cantidad de accesiones, intervalos germinativos y promedios de germinación se presentan en el Cuadro 1. Los resultados del análisis de germinación realizado en la campaña agrícola 1999 – 2000, muestran que el 15% de las quinuas cultivadas presentaban porcentajes de germinación inferiores al 85 % grupos Q-1, Q-2, Q-3, Q-4, Q-5 y Q-6, necesitando una inmediata regeneración, mientras que el 85% de las quinuas (grupos Q-7, Q-8 y Q-9) tenían niveles óptimos de germinación.

Cuadro 1.
Grupos de quinua cultivada identificados de acuerdo al análisis de germinación en dos gestiones agrícolas (1999-2000) y (2000-2001).

Grupo	Germinación (%) 1999-2000		Germinación (%) 2000-2001		Cantidad de Accesiones
	Promedio	Rango	Promedio	Rango	
Q-1	10	5 - 15	95	60 – 100	86
Q-2	43	40 – 48	95	93 – 97	7
Q-3	55	52 – 58	95	91 – 99	5
Q-4	63	62 – 67	95	92 – 97	6
Q-5	77	72 – 80	94	71 – 100	51
Q-6	84	81 – 85	95	80 – 100	172
Q-7	89	87 – 90	95	67 – 100	472
Q-8	93	91 – 95	95	71 – 100	706
Q-9	98	96 – 100	95	71 – 100	691

El grupo Q-1 formado por 86 accesiones presentaba un rango de germinación entre 5 a 15%, luego del refrescamiento en la gestión 2000-2001 las quinuas de este grupo recuperaron su germinación hasta un promedio de 95%. Los grupos Q-2, Q-3 y Q-4

presentaban niveles de germinación entre 40 a 67% y se encuentran formados por 7, 5 y 6 accesiones respectivamente, mientras que los grupos Q-5 conformado por 51 accesiones y Q-6 conformado por 172 accesiones presentaban niveles germinativos entre 72 a 85% (Cuadro 1).

Asimismo, los grupos con mayor cantidad de accesiones fueron Q-8 con 706 accesiones, Q-9 con 691 accesiones y el grupo Q-7 con 472 accesiones con intervalos de germinación entre 87 a 100 %; en consecuencia, éstos tres últimos grupos mostraron que la germinación de sus semillas pueden mantenerse en condiciones óptimas durante largos periodos de tiempo, que para este caso fue de siete años; lo que no ocurre con los restantes grupos que necesitaban entrar en regeneración luego de periodos cortos de almacenamiento.

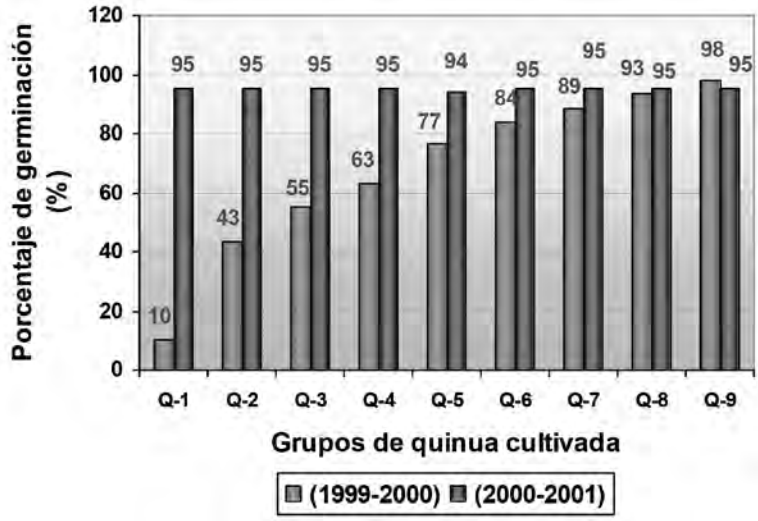


Figura 1.
Porcentajes de germinación promedio en quinuas cultivadas por grupos diferenciados antes y después de la regeneración en campo.

La Figura 1, muestra los niveles germinativos promedio alcanzados por los nueve grupos de quinua cultivada en las gestiones 1999-2000 y 2000-2001, antes y después de la regeneración del material. Se observa una notable recuperación de la germinación de las semillas en los seis grupos que presentaban bajos porcentajes de germinación; así, los grupos Q-1, Q-2, Q-3, Q-4 y Q-6 con 10, 43, 55, 63 y 84% de germinación promedio, respectivamente, alcanzaron el 95% de germinación luego de la regeneración y el grupo Q-5 recuperó de 77% a 94% de germinación, mientras que los grupos Q-7 y Q-8 que inicalmente presentaban con 83 y 93% de germinación llegaron a 95% . El único grupo que tuvo un comportamiento inverso fue el grupo Q-9 que redujo su porcentaje de germinación de 98 a 95 %, esto probablemente se debe a que accesiones de valle

conforman el grupo, las cuales fueron afectadas por la helada antes de alcanzar la madurez fisiológica.

En el Cuadro 2 se muestran los resultados del estudio de monitoreo en el descenso de germinación de 9 grupos de quinua cultivada registradas en 13 semestres consecutivos desde el primer semestre del 2004 al primer semestre del 2010. Como podemos apreciar en el Cuadro 2 entre el primer semestre del 2004 y el primer semestre del 2010, el 96% de quinuas cultivadas (26 accesiones) de los 9 grupos, redujeron su germinación entre 1 a 85%, mientras que el 4% (1 accesión) incremento el porcentaje de germinación en 2 %.

Cuadro 2.

Análisis de germinación de 9 grupos de quinua cultivada durante 13 semestres de almacenamiento.

Grupo	Accesión	Análisis de germinación en porcentaje (%)												
		I-2004	II-2004	I-2005	II-2005	I-2006	II–2006	I–2007	II -2007	I-2008	II-2008	I-2009	II-2009	I-2010
Q-1	306	98	100	98	100	97	99	100	98	98	97	99	95	96
	617	91	57	65	11	22	8	5	3	0	4	0	5	18
	2259	100	99	99	97	90	91	63	87	65	86	66	76	68
Q-2	2620	99	97	86	95	88	95	68	84	47	77	50	71	59
	1689	99	99	98	99	100	99	100	93	99	97	97	92	98
	1656	100	99	96	99	98	98	100	85	69	57	31	55	18
Q-3	1651	100	99	99	94	92	95	39	87	73	77	67	65	63
	1631	90	79	90	77	93	81	19	25	15	29	17	27	9
	1668	99	96	95	96	97	86	55	85	65	79	79	81	70
Q-4	1653	100	99	93	92	95	85	69	91	79	72	68	77	75
	1679	97	96	95	93	96	69	51	84	62	70	48	63	86
	1388	97	98	100	95	97	97	98	92	89	92	92	96	32
Q-5	1949	91	41	16	28	37	9	15	2	1	29	0	48	6
	2166	100	97	98	95	97	89	49	91	72	89	65	76	46
	1827	97	99	99	97	94	98	85	98	93	90	93	83	86
Q-6	1920	97	99	99	95	96	99	47	85	72	74	75	95	68
	1471	100	97	93	92	95	98	55	89	74	72	83	88	70
	1926	94	97	98	92	99	100	55	53	71	68	58	75	59
Q-7	541	98	98	97	95	95	99	91	87	88	90	83	84	70
	671	99	99	97	98	99	100	89	97	87	80	91	97	88
	1526	100	100	92	100	95	99	83	92	93	97	96	87	78
Q-8	127	100	97	100	99	99	99	81	97	98	96	96	94	96
	131	99	99	99	95	93	99	74	85	89	93	93	87	81
	311	98	100	100	100	98	99	98	93	95	95	91	90	89
Q-9	1372	96	99	100	99	100	99	99	98	100	97	57	98	99
	1857	96	100	100	98	97	100	75	95	96	91	81	95	46
	2002	98	98	99	96	96	97	68	81	73	85	95	69	39

Asimismo el Cuadro 2 nos muestra que hasta el primer semestre del 2010 las accesiones 0306 del grupo Q-1, 1689 del grupo Q-2, 1679 del grupo Q-4, 1827 del grupo Q-5, 0671 del grupo Q-7, 0127 y 311 del grupo Q-8 y 1372 del grupo Q-9, muestran valores de germinación de 99 a 86 % lo que las ubica dentro del rango de germinación recomendada (valores de germinación ≥ a 85%) para la conservación en bancos de germoplasma (Rojas y Bonifacio, 2001).

Las accesiones de quinua 2259 del grupo Q-1; 2620 del grupo Q-2; 1651 y 1668 del grupo Q-3; 1653 del grupo Q-4; 1920,1941 y 1926 del grupo Q-6, 0504 y 1526 del grupo Q-7 y 0131 del grupo Q-8 tienen valores de germinación de 59 a 81 %, lo que nos indica que tienen más del 50% de germinación, sin embargo no se encuentran dentro del rango recomendado para el almacenamiento por la Norma para Bancos de Genes (1994).

Las accesiones de quinua 0617 del grupo Q-1; 1656 del grupo Q-2; 1631 del grupo Q-3; 1388 del grupo Q-4; 1949 y 2166 del grupo Q-5 y 1857, 2002 del grupo Q-9 presentan valores de germinación de 9 a 46 %. Existen casos como la accesión 1388 del grupo Q-4 y 1857 del grupo Q-9 que han reducido su germinación en más del 40 % en seis meses de almacenamiento, en el segundo semestre del 2009 tuvieron valores de germinación altos (95 y 96 %) y posteriormente tuvieron valores de germinación muy bajos de 32 y 46 %, y finalmente la accesión 1372 del grupo Q-9 presento un aumento del 1 %. Si bien las muestras fueron seleccionadas al azar en cada accesión, también se observa que existe una importante variación intrapoblacional y que se debe tomar en cuenta al momento de establecer los cronogramas de regeneración.

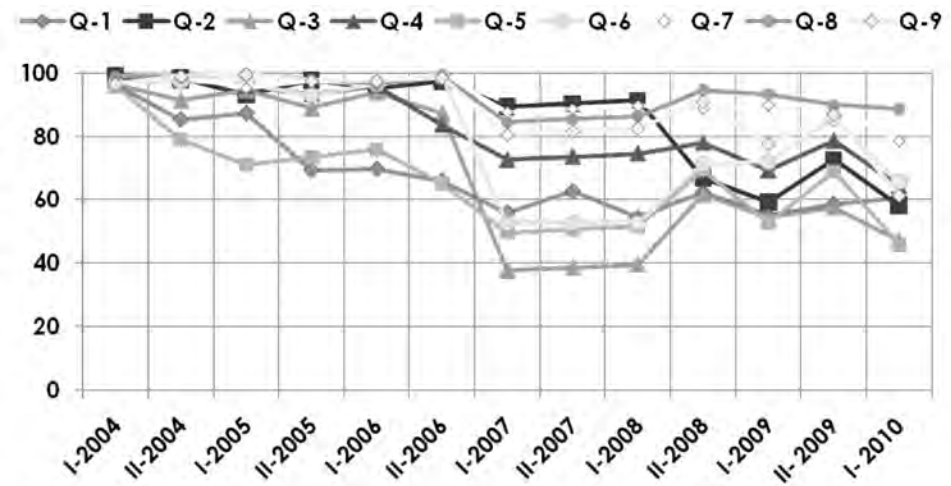


Figura 2.
Curvas de descenso de germinación de 9 grupos de quinua cultivada.

La Figura 2, muestra las curvas de descenso de germinación de los 9 grupos de quinua cultivada, estas gráficas se elaboraron con los promedios de germinación de cada grupo. Los resultados indican que hasta el primer semestre 2010 solo el grupo Q-1 es el único que muestra un aumento en el promedio de germinación del 2 %, y el resto de los grupos muestran un descenso de germinación del 10 al 26 %.

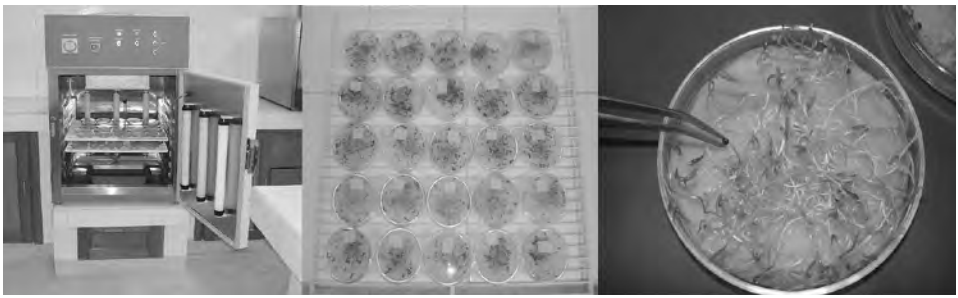


Foto 1.

Germinador, repeticiones por accesión en bandejas y evaluación de plantas germinadas.

Asimismo, se puede observar que el grupo Q-8 es el único que mantiene su valor promedio óptimo de germinación (valores de germinación ≥ a 85%) recomendado en la norma de manejo de bancos de germoplasma, por el contrario, los demás grupos se encuentran por debajo de este valor. Los bajos promedios se deben a que dentro de cada grupo existen accesiones de quinuas con altos valores y accesiones de quinuas con muy bajos valores de germinación como sucede en los grupos Q-1, Q-2 y Q-9 (Cuadro 2).

Quinuas silvestres

De acuerdo a los resultados de las pruebas de germinación de la gestión 1999 - 2000 presentados en el Cuadro 3, se determinó que el 27% de las quinuas silvestres (31 accesiones) presentaban porcentajes de germinación inferiores al 65% (grupos QS-1, QS-2 y QS-3) necesitando una inmediata regeneración, mientras que el 73% de las quinuas cultivadas (84 accesiones) registraron niveles óptimos de germinación (grupos QS-4, QS-5).

Cuadro 3.

Grupos de quinua silvestre identificados de acuerdo al análisis de germinación en dos gestiones agrícolas (1999-2000) y (2000-2001).

Grupo	Germinación (%) 1999-2000		Germinación (%) (2000-2001)		Cantidad de Accesiones
	Promedio	Rango	Promedio	Rango	
QS-1	71	63 – 75	92	80 – 97	8
QS-2	79	77 – 80	94	88 – 100	11
QS-3	83	82 – 85	94	87 – 99	12
QS-4	90	87 – 92	94	85 – 100	32
QS-5	97	93 – 100	95	81 – 100	52

Los rangos de germinación más bajos fueron característica de los grupos QS-1 y QS-2 con 63 a 75% y 77 a 80%, respectivamente, agrupando a 19 accesiones y el grupo QS-3 formado por 12 accesiones presentaba un rango de germinación entre 82 a 85 %. Asimismo, los grupos con mayor cantidad de accesiones fueron QS-5 con 52 accesiones y el grupo QS-4 con 32 accesiones, con intervalos de germinación entre 87 a 100 %. (Cuadro 3).

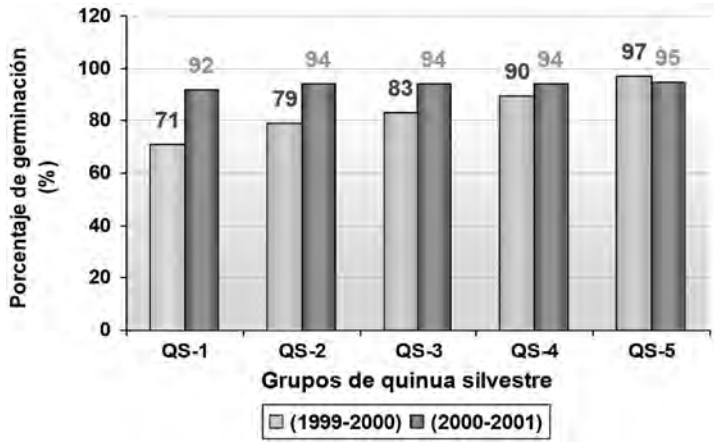


Figura 3.
Porcentajes de germinación promedio en quinuas silvestres por grupos diferenciados antes y después de la regeneración.

La Figura 3 muestra los niveles germinativos promedio alcanzados por los cinco grupos de quinuas silvestres en las gestiones 1999-2000 y 2000-2001, antes y después de la regeneración de las accesiones. Se observa que el grupo QS-1 recuperó 21% de la germinación de sus semillas de 71 a 92% de germinación; de igual forma, los grupos QS-2, QS-3 y QS-4 con 79, 83 y 90 % de germinación promedio, respectivamente, alcanzaron el 94% de germinación luego de la regeneración; mientras que el grupo QS-5 redujo su porcentaje de germinación de 97 a 95%.

En el Cuadro 4 se puede apreciar que entre el primer semestre del 2004 y el primer semestre del 2010, de las 15 accesiones de quinua silvestre análizadas, solo el 20% aumento su germinación de 3 a 7 % y el otro 80% de accesiones de quinua silvestre tuvo un descenso de 2 a 86 %.

Asimismo, en el Cuadro 4 encontramos a las accesiones 1721y 1734 del grupo QS-1; 1512 del grupo QS-2 y 1513 del grupo QS-4 que tienen valores de germinación de 38 a 56 % los que las hacen estar fuera del rango óptimo (valores de germinación ≥ a 65) según la Norma para Bancos de Genes (1994). Si bien la muestra para realizar el ánalisis de germinación es seleccionada al azar, también se observa una importante variación intrapoblación lo cual explica el aumento o disminución de porcentaje de germinación como en las accesiones de quinua silvestre 1512 y 1513 de los grupos QS-2 y QS-4 respectivamente.

Cuadro 4.
Análisis de germinación de 5 grupos de quinua silvestre durante 13 semestres de almacenamiento.

Grupo	Accesión	Análisis de germinación en porcentaje (%)												
		I-2004	II-2004	I-2005	II-2005	I-2006	II-2006	I-2007	II-2007	I-2008	II-2008	I-2009	II-2009	I-2010
	1721	96	96	99	85	93	97	97	91	86	74	71	93	56
QS-1	1734	92	97	89	83	92	98	82	95	80	87	71	88	50
	2379	92	99	99	93	94	97	97	99	91	95	79	97	88
	1512	97	88	99	87	93	97	82	93	77	28	71	38	11
QS-2	1740	89	98	97	92	93	97	95	88	85	79	77	79	85
	2206	88	97	100	94	100	97	100	91	88	86	90	93	91
	1499	95	99	92	76	96	96	100	95	78	65	55	76	66
QS-3	1502	92	36	99	80	77	75	89	94	53	71	65	89	79
	1547	92	98	98	95	95	97	97	100	91	93	75	70	72
	1408	95	98	100	95	97	99	98	98	93	84	94	92	93
QS-4	1513	96	93	67	40	82	94	41	93	46	35	31	53	38
	1973	92	97	94	91	95	95	99	91	89	87	75	85	97
	1141	92	100	100	99	100	99	100	98	97	99	97	97	99
QS-5	1326	97	97	97	93	98	92	79	75	74	67	57	83	85
	1497	96	99	100	94	99	97	100	92	92	93	85	81	94

De la misma forma, se encuentran a las accesiones de quinua silvestre 2379 del grupo QS-1;1740 y 2206 del grupo QS-2; 1499, 1502 y 1547 del grupo QS-3; 1408 y 1973 del grupo QS-4 y 1141,1326 y 1497 del grupo QS-5, que tienen valores de germinación de 66 a 99%. Es importante señalar que las accesiones de quinua silvestre 2206 del grupo QS-2, 1973 del grupo QS-4 y 1141 del grupo QS-5 fueron las únicas en presentar un ascenso de germinación de 2 a 7 %.

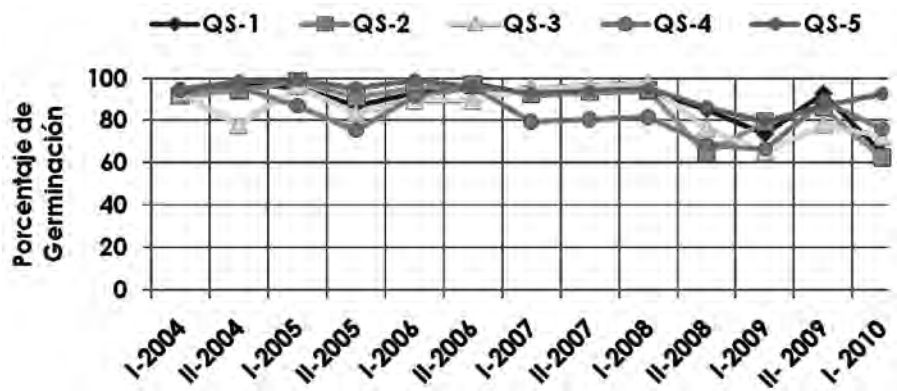


Figura 4.
Curvas de descenso de la germinación de 5 grupos de quinua silvestre.

La Figura 4 nos muestra que del primer semestre del año 2004 al primer semestre de 2010, existe un descenso de germinación de 2 a 29 %. Mostrándonos también que los grupos de QS-1, QS-3, QS-4 y QS5 se encuentran en un rango de germinación aceptable de 65 a 99 %, valores aceptables para el almacenamiento según la Norma para Bancos de Genes (1994), pero no asi el grupo QS-2 que se encuentra en un rango de germinación de 62 % , lo que puede atribuirse a la variación intrapoblacional y al muestreo al azar de las accesiones de quinua silvestre ya que en el segundo semestre del 2009 este mismo grupo registró un rango de germinación de 87%.

Conclusiones

- Se han identificado 9 grupos de quinuas cultivadas y 5 grupos de quinuas silvestres basados en diferentes comportamientos germinativos para determinar e implementar un cronograma de regeneración de la colección de germoplasma de quinua.
- Se inició la construcción de curvas de descenso del porcentaje de germinación de 9 grupos de quinua cultivada, 5 grupos de quinua silvestre, en base a 13 análisis de germinación con intervalos de seis meses.
- Se cuenta con información de pruebas de germinación correspondiente a 13 semestres consecutivos (I - II 2004, I - II 2005, I - II 2006 , I – II 2007, I – II 2008, I - II 2009 y I 2010) de 27 accesiones de quinua cultivada y 15 accesiones de quinua silvestre.
- Se estableció para el periodo de estudio, que el 70% de las accesiones de quinua cultivada y el 27% de las accesiones de quinua silvestre, registraron pocentajes de germinación inferiores a lo que exige la norma (85% y 65% de germinación, respectivamente), lo cual muestra que no es suficiente las condiciones medioambientales del altiplano para garantizar periodos largos para el mantenimiento de germinación de las semillas de quinua.

Agradecimientos. El presente trabajo se realizó a través del proyecto Banco de Germoplasma de Granos Andinos de Sistema Nacional de Recursos Genéticos para la Agricultura y la Alimentación – SINARGEAA, y del proyecto Quinua un Cultivo Subutilizado apoyado por la Fundación McKnight, y ejecutados por la Fundación PROINPA.

Referencias citadas

FAO. 1996 Conservación y utilización sostenible de los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura: Plan de acción mundial e informe sobre el estado de los recursos fitogenéticos en el mundo, Italia.

Jaramillo, S. y Baena M. 2000. Material de apoyo a la capacitación en conservación ex situ de recursos fitogenéticos. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI). Cali, Colombia.

Norma para Bancos de Genes. 1994. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma, Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos, Roma.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Instituto Internacional de Recursos Filogenéticos (IPGRI) 1994. Normas para Bancos de Genes, Roma, Italia. pp 7 -8.

La diversidad genética de quinua de Bolivia

Wilfredo Rojas; Milton Pinto.

Fundación PROINPA.

E-mail: w.rojas@proinpa.org

Resumen

La quinua es un cultivo estratégico que juega un rol esencial en la seguridad y soberanía alimentaria del país, contribuye fuertemente a las necesidades básicas de la población y es parte de nuestro patrimonio ancestral y cultural. La quinua posee características intrínsecas sobresalientes, entre ellas su amplia variabilidad genética cuyo pool genético es extraordinariamente valioso que se expresa en la variabilidad de colores de planta, inflorescencia y semilla, tipos de inflorescencia, duración del ciclo de cultivo, el valor nutritivo (proteína) y agroindustrial, y contenidos de saponina y betacianina en las hojas. Esta diversidad de características le da a la quinua una amplia adaptación a diferentes condiciones agroecológicas (suelos, precipitación, temperatura, altitud, resistencia a heladas, sequía, salinidad o acidez). A pesar de que la quinua alberga una amplia variabilidad genética, no está siendo usada adecuadamente debido al desconocimiento del potencial de su diversidad y aptitudes de sus variedades y sus formas de utilización. Tanto el consumo interno como las exportaciones que se realizan corresponden a materia prima (grano que se obtiene de las cosechas) y para alcanzar los volúmenes de la demanda los agricultores y empresas acostumbra a mezclar un conjunto de variedades. Esta forma de uso del grano de quinua conduce a una verdadera subutilización del potencial genético que tiene el cultivo, más aún si consideramos que las zonas de producción de nuestro país son parte del centro de origen y diversidad de la quinua. La colección boliviana de germoplasma de quinua cuenta con más de 3100 accesiones y representa la mayor diversidad genética a nivel mundial y respecto a otros países de la región. Es una tarea de todos los bolivianos valorizar el patrimonio genético de quinua que tenemos, reconociendo que son parte de nuestra identidad cultural, sintiéndonos orgullosos de consumir y ayudar a conservar su diversidad. En consideración a lo indicado, se hace una descripción de la diversidad genética de quinua, desde los centros de diversidad que existen en el país, las características agromorfológicas, de valor nutritivo

y agroindustrial que tiene la colección boliviana de germoplasma y que debemos tomar en cuenta al momento de usar el verdadero potencial de su diversidad genética y las especies silvestres que son parte de la colección de germoplasma de quinua.

Palabras claves: Diversidad genética; quinua.

Introducción

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) fue durante miles de años el principal alimento de las culturas antiguas de los Andes y está distribuida en diferentes zonas agroecológicas de la región. En la actualidad la quinua se encuentra en franco proceso de expansión porque representa un gran potencial para mejorar las condiciones de vida de la población del país, de los Andes y del mundo moderno.

La quinua es un cultivo que posee características intrínsecas sobresalientes, entre ellas: su amplia variabilidad genética cuyo pool genético es extraordinariamente estratégico para desarrollar variedades y productos de alta calidad; su capacidad de adaptabilidad a condiciones adversas de clima y suelo donde otros cultivos no pueden desarrollarse; su calidad nutritiva representada por su composición de aminoácidos esenciales, oligoelementos, vitaminas, aceite y fibras, que le convierte en un alimento funcional e ideal para el organismo y; su diversidad de formas de utilización tradicional, no tradicional y en innovaciones industriales.

La colección boliviana de germoplasma con más de 3100 accesiones dispone de la mayor diversidad de quinua a nivel mundial y respecto a otros países de la región. Este 'grano andino' más que otros cultivos andinos, resulta ser un cultivo muy boliviano, fuertemente arraigado a las costumbres locales, al consumo y a la producción. Bolivia es el país no solo con la mayor diversidad genética de quinua, sino también con las mayores superficies cultivadas del mundo, con las mayores tasas de exportación; factores que muestran su importancia estratégica para el país.

Si bien la quinua alberga una amplia variabilidad genética, no está siendo usada adecuadamente debido al desconocimiento del potencial de su diversidad y aptitudes de sus variedades y sus formas de utilización. Tanto el consumo interno como las exportaciones que se realizan corresponden a materia prima (grano que se obtiene de las cosechas) y para alcanzar los volúmenes de demanda los agricultores y empresas acostumbra a mezclar un conjunto de variedades.

Si bien las empresas y/o asociaciones del país han volcado su esfuerzo a la exportación de materia prima, que es lo que predomina en las ventas al exterior y en el interior del país, varias empresas desde hace más de una década han iniciado la transformación de productos y derivados a base de quinua y en los últimos años la diversidad de productos transformados se ha incrementado y en diferentes presentaciones. Sin embargo, estos productos transformados se elaboran con quinua mezclada (diferentes variedades) y es por ello que no se puede alcanzar la misma calidad entre una y otra elaboración del producto transformado.

Este proceso que se está siguiendo en la forma de uso del grano de quinua conduce a una verdadera subutilización del potencial genético que tiene el cultivo, más aún si consideramos que la zona andina de nuestro país es parte del centro de origen y diversidad de la quinua, y se dispone de una colección de germoplasma de quinua con la mayor diversidad genética a nivel mundial.

En consideración a lo indicado, los objetivos del trabajo fueron: a) describir los centros de diversidad del cultivo de quinua en el país; b) describir la diversidad genética de la colección boliviana de germoplasma de quinua en cuanto a las características agromorfológicas, de valor nutritivo y agroindustrial y; c) describir la clasificación taxonómica del germoplasma de quinua silvestre.

Material y métodos

Se realizó la revisión bibliografía relacionada al cultivo y las publicaciones que fueron generadas de los trabajos llevados a cabo con la colección boliviana de germoplasma de quinua en los siguientes informes de proyectos: "Manejo, Conservación y Uso Sostenible de los Recursos Genéticos de Granos Andinos en el marco del Sistema Nacional de Recursos Genéticos para la Agricultura y la Alimentación – SINARGEAA"; proyecto UNEP/GEF "Conservación complementaria ex situ – in situ de especies silvestres de quinua y cañahua", proyecto NUS IFAD "Especies Olvidadas y Subutilizadas", proyecto Quinua un Cultivo Subutilizado de la Región Andina apoyado por la Fundación McKnight, y ejecutados por la Fundación PROINPA.

Resultados y discusión

Centros de origen y de diversidad de la quinua

Según el científico ruso Vavilov el "centro de origen" de una planta cultivada es aquella región con la mayor diversidad de tipos, tanto de plantas cultivadas como de sus progenitores silvestres. Desde que se establecieron estos centros de origen, todos los autores que escribieron sobre el origen de la quinua coinciden al indicar que es de los Andes de Perú y Bolivia (Gandarillas, 1979).

La región Andina es el lugar donde existe la mayor diversidad genética de quinua tanto silvestre como cultivada que todavía se pueden encontrar en condiciones naturales y en campos de cultivo de los agricultores andinos. Bajo esta consideración y según las condiciones agroecológicas donde se desarrollan las especies cultivadas, es posible encontrar subcentros de diversidad y variabilidad donde se presentan diferentes características botánicas, agronómicas y de adaptación de las especies.

Las evaluaciones de la variabilidad genética de quinua disponible en la región, permitió agrupar a las quinuas en cinco grupos mayores según sus características de adaptación y algunas morfológicas de alta heredabilidad, fácilmente detectables y capaces de

mantenerse en toda el área de difusión. A continuación se describen los cinco grupos de quinua de acuerdo a Lescano (1989) y a Tapia (1990):

1. **Quinuas de nivel del mar**: Se han encontrado en las zonas de Linares y Concepción (Chile) a 36° Latitud Sur. Son plantas más o menos robustas, de 1,0 a 1,4 m de altura, de crecimiento ramificado, producen granos de color crema transparente (tipo Chullpi). Estas quinuas guardan gran similitud con la *Chenopodium nuttalliae* (Huahzontle) que se cultiva en forma aislada en México a 20° Latitud Norte.

2. **Quinuas de Valles Interandinos**: Son las que se adaptan entre los 2500 a 3500 msnm, se caracterizan por su alto desarrollo, hasta 2,5 m o más de altura y con muchas ramificaciones, con inflorescencia laxa y que normalmente presentan resistencia al mildiu (*Peronospora farinosa*). Este grupo de quinuas se cultivan normalmente en forma intercalada con maíz en 5 a 6 surcos transversales, como cultivo de bordes de otros cultivos, o en forma dispersa en el mismo campo.

3. **Quinuas de Altiplano**: Se desarrollan entre los 3600 a 3800 msnm en la región que corresponde al atiplano peruano-boliviano, en áreas mayores como cultivos puros o únicos. Es en esta región del altiplano donde se encuentra la mayor variabilidad del cultivo y se producen los granos de uso más especializados. Las plantas crecen con alturas entre 0,5 a 1,5 m, con un tallo que termina en una panoja principal y por lo general compacta. En este grupo, es donde se encuentra el mayor número de variedades mejoradas, y los materiales se comportan como susceptibles al mildiu cuando son sembrados en zonas de mayor humedad.

4. **Quinuas de Salares**: Son las que crecen en las zonas de los salares al sur del altiplano boliviano. Esta es la zona más seca, con 200 a 300 mm de precipitación. Se acostumbra a sembrar la quinua como cultivos únicos a distancias de 1 m x 1 m y en hoyos para aprovechar mejor la escasa humedad. Son quinuas con el mayor tamaño de grano (> a 2,2 mm de diámetro), se las conoce como "Quinua Real" y sus granos se caracterizan por presentar un pericarpio grueso y con alto contenido de saponina.

5. **Quinuas de los Yungas o Ceja de Selva**: Es un grupo reducido de quinuas que se han adaptado a las condiciones de los Yungas o Ceja de Selva de Bolivia, principalmente en los valles de Cochabamba, a alturas entre los 1.500 y 2.200 msnm. Se caracterizan por ser de desarrollo algo ramificado, alcanzan alturas de hasta 2,20 m; son plantas verdes, y cuando están en floración toda la planta íntegra, toma la coloración anaranjada muy llamativa.

De estos cinco grupos mayores, cuatro de ellos se encuentran en Bolivia (Valles Interandinos, Altiplano, Salares y Yungas). Rojas (2003) al estudiar la variabilidad genética de la colección boliviana de germoplasma de quinua ha determinado siete sub-centros de diversidad en Bolivia: un sub-centro en los Salares de Potosí y Oruro, dos sub-centros en el Altiplano 'Norte' en La Paz, un sub-centro en el Altiplano 'Centro' en La Paz y Oruro, un sub-centro ubicado geográficamente en la transición Salares y Altiplano, y dos subcentros en los Valles Interandinos de Cochabamba, Chuquisaca y Potosí.

Esta distribución de los sub-centros de diversidad del cultivo en Bolivia, muestran que la quinua es parte del sistema de producción no solo del Altiplano Sur, sino también del Altiplano Centro, Altiplano Norte y de los Valles interandinos, sub-centros que albergan una amplia diversidad genética que debemos prestar atención y explotar adecuadamente el pool genético que tienen sus variedades.

Estos sub-centros del cultivo expresa su diversidad a través de la variabilidad de colores de planta, inflorescencia y semilla; tipos de inflorescencia, duración del ciclo de cultivo, el valor nutritivo (proteína) y agroindustrial, y contenidos de saponina y betacianina en las hojas. Esta diversidad de características le da a la quinua una amplia adaptación a diferentes condiciones agroecológicas (suelos, precipitación, temperatura, altitud, resistencia a heladas, sequía, salinidad o acidez).

Caracterización y evaluación del germoplasma de quinua

En los más de 40 años de existencia del germoplasma de quinua de Bolivia, los trabajos de caracterización y evaluación centraron sus esfuerzos al registro de información agromorfológica. En el año 2001 se publicó el primer catálogo de la colección boliviana de germoplasma de quinua (Rojas *et al*. 2001). El catálogo describe la variabilidad genética de 2701 accesiones de quinua a través de 59 variables cualitativas y cuantitativas. Si bien la información fue registrada en base al 'Descriptor de Quinua' (IBPGR 1981), el catálogo incluye muchas más variables que fueron identificadas en los distintos trabajos de caracterización y evaluación que se realizaron desde la década de los 80'.

Posteriormente se logró hacer una nueva propuesta de 'Descriptor para Quinua' que fue validada entre investigadores de Ecuador, Perú y Bolivia (Rojas *et al*. 2003). Este documento está sirviendo de base para la publicación de la nueva lista de 'Descriptores para Quinua y sus Parientes Silvestres' que está siendo editado a la cabeza de Bioversity International y en coordinación con diferentes instituciones que trabajan con el cultivo en todo el mundo, se presentará en julio próximo en el Congreso Mundial de Quinua.

A partir del año 2001 en el germoplasma de quinua se iniciaron los trabajos de evaluación del valor nutritivo y de variables agroindustriales, con el fin de orientar el uso del germoplasma en la elaboración de productos transformado a base de quinua.

Variables agromorfológicas

Desde la década de los 80' se llevaron a cabo distintos trabajos de caracterización y evaluación del germoplasma de quinua de Bolivia. Producto de ello, se logró estudiar la variabilidad genética morfológica y agronómica del germoplasma de quinua que se observa fenotípicamente durante el ciclo de cultivo. Si bien esta información está publicada en los catálogos de germoplasma, se presenta a continuación los parámetros de algunas variables de interés (Rojas *et al*. 2001; Rojas 2003; Aroni *et al*. 2003; Rojas *et al*. 2009; Bonifacio *et al*. 2012):

Hábito de crecimiento.- A pesar que la ramificación y hábito de crecimiento son influenciados por la densidad de siembra, se pudo identificar en la colección de germoplasma de quinua cuatro diferentes hábitos de crecimiento claramente definidos (Figura 1).

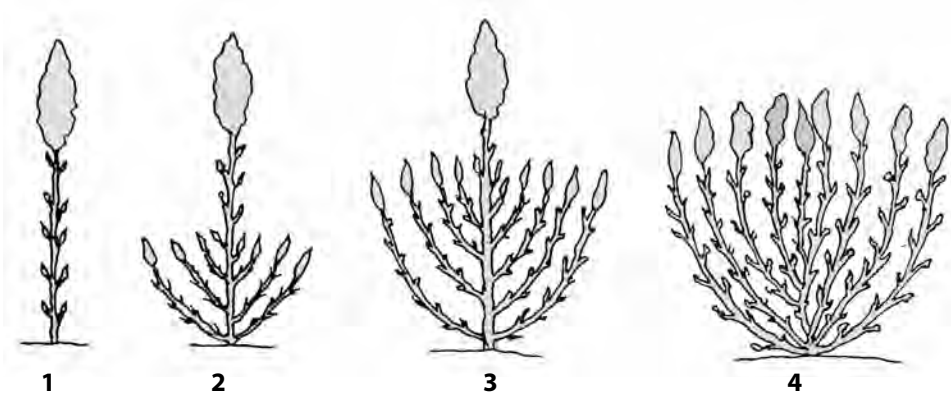


Figura 1.
Hábitos de crecimiento de la quinua: 1 Simple; 2 Ramificado hasta el tercio inferior; 3 Ramificado hasta el segundo tercio y; 4 Ramificado con panoja principal no diferenciada, respectivamente.

En la quinua las arquitecturas de planta son muy variables no solo entre variedades sino también a nivel intra-poblacional y que dificultan la adaptación y/o diseño de prototipos para una futura mecanización de la cosecha y otras labores del cultivo que demanda mucha mano de obra. Por ello, es importante trabajar y seleccionar variedades tomando en cuenta el hábito de crecimiento, como es el caso del 'hábito 1' que corresponde a plantas que no desarrollan ramificación y el 'hábito 2' con ramas hasta el tercio inferior y que podrían muy bien adaptarse a labores mecanizadas. El 'hábito 3' por lo general corresponde a plantas de los valles interandinos, por su arquitectura de planta pueden ser una alternativa para uso como forraje y sus genes pueden contribuir a las zonas expansión del cultivo en los valles y en lugares con mayor precipitación.

Forma y color de la panoja.- Es posible encontrar tres formas de panoja: 'amarantiforme', cuando los glomérulos están insertos directamente en el eje secundario y presentan una forma alargada; 'glomerulada' cuando los glomérulos están insertos en los llamados ejes glomerulados y presentan una forma globosa e; intermedia, cuando las panojas que expresan ambas características 'amarantiforme y glomerulada' (Figura 2).

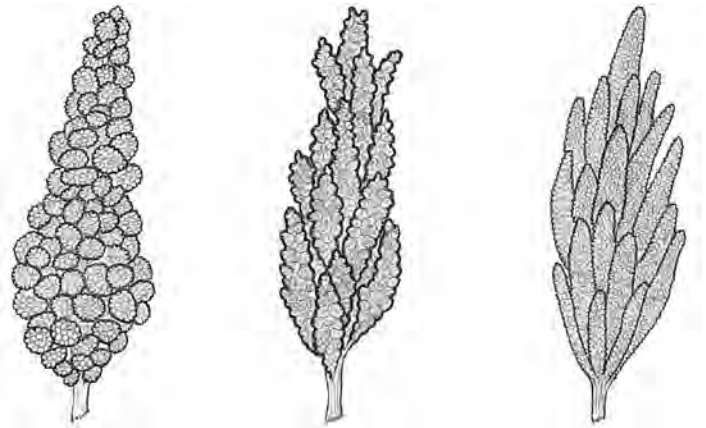


Figura 2.
Forma de panoja: 1 Glomerulada; 2 Intermedia y; 3 Amarantiforme.

Entre el 'despunte de panoja' y la 'floración' se expresan cuatro colores de panoja que son típicos en el cultivo de quinua: verde, púrpura, mixtura y rojo. Sin embargo, conforme van formado el grano y alcanzando la madurez fisiológica, las panojas de quinua van tornando diversos colores y combinaciones de colores: blanco, crema, amarillo, anaranjado, rosado, rojo, púrpura, café, gris, negro, mixturas y verde silvestre.

Recientemente, a través de una iniciativa llevada adelante conjuntamente con la Asociación de Chefs de La Paz, se han iniciado pruebas de laboratorio y de cocina para evaluar el valor nutritivo y la aptitud culinaria de formas y colores de panojas y de hojas frescas de quinua para ser usadas como verduras. Estas pruebas iniciales dieron excelentes resultados, mostrando el gran potencial alimenticio del material fresco de quinua, tal cual se utiliza la espinaca. Gracias a la creatividad de los chefs las panojas de quinua se han convertido en hermosas y sabrosas creaciones, mostrando así una nueva línea de posibilidades para la quinua. Esta forma de uso nos muestra claramente que las creaciones que se pueden hacer con la cocina le dan vida y sabor a la diversidad de quinua, usando también las inflorescencias, hojas y no solo los granos, contribuyendo de esta forma a su conservación.

Color y forma del grano.- Los granos de quinua cuando alcanzan la madurez fisiológica expresan una amplia diversidad de colores, entre ellos: blanco, crema, amarillo, anaranjado, rosado, rojo, púrpura, café claro, café oscuro, café verdoso y negro. En el germoplasma de quinua se han caracterizado 66 colores de grano (Cayoja, 1996). En cuanto a la forma del grano de quinua, en el germoplasma se conservan cuatro formas de grano (Figura 3). Las formas cilíndrica y lenticular por el aspecto del endosperma les convierte en granos que se puede explotar adecuadamente para la elaboración de productos que dependiendo de su contenido de amilosa y amilopectina, se pueden usar adecua-

damente para flanes, budines e instantáneos, asimismo, dependiendo del diámetro de gránulo del almidón se pueden usar para la elaboración de expandidos y pipocas.

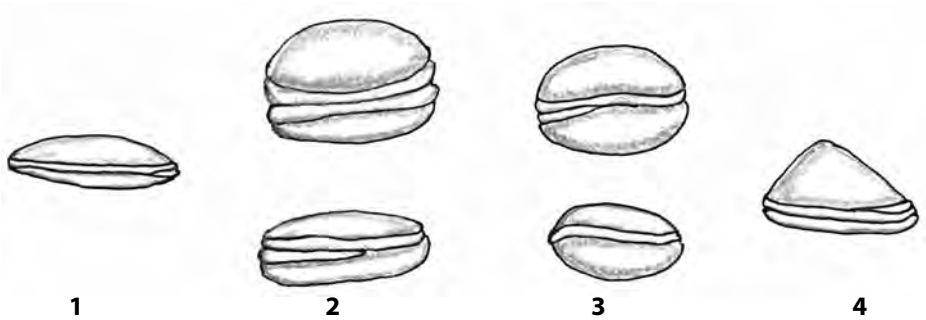


Figura 3.
Formas de grano de quinua: 1 lenticular; 2 cilíndrica; 3 elipsoidal y, 4 cónica, respectivamente.

En nuestro país desde la década de los 60 que se inició los trabajos de investigación sobre la mejora genética del cultivo de quinua, las actividades se centraron en la búsqueda de variedades de grano grande, de color blanco y de alto rendimiento. Sin embargo, durante este proceso de cambios favorables en el mercado de la quinua y los cambios en el comportamiento del clima han hecho que también se vayan ajustando las prioridades del mejoramiento del cultivo, sin dejar de lado la productividad, a finales de la década de los 90' se consideró el color café y color negro de los granos, conocidos en el mercado internacional como 'quinua roja' y 'quinua negra', respectivamente.

Esta situación también se ve reflejada en la forma de consumo que estamos acostumbrados en el país, cuando adquirimos la quinua como materia prima para la elaboración de una comida alcanzamos a diferenciar entre 'quinua blanca', 'quinua roja' y 'quinua negra' o un mix entre los tres colores. Sin embargo, la 'quinua blanca' que consumimos viene de una diversidad de colores y variedades de quinua que al beneficiarlas alcanzan el color blanco que observamos en su presentación, similar situación se observa con la 'quinua roja' y la 'quinua negra'. Esta forma de uso del grano de quinua conduce a una verdadera subutilización del potencial genético que tiene el cultivo.

Diámetro de grano.- El rango de variación del diámetro del grano en el germoplasma de quinua varía desde 1.03 mm a 2.66 mm (Cuadro 1), disponiéndose de suficiente variabilidad que podría ser muy bien explotada a través del mejoramiento genético (Rojas 2003). Las quinuas con granos pequeños proceden principalmente del Altiplano Norte, y también por la mayoría de las accesiones que proceden de los valles interandinos y de nivel de mar, mientras que por el contrario las accesiones de grano grande tienen como centro de origen a las áreas del intersalar de Uyuni y Coipasa que corresponde al Altiplano Sur del país.

Según el IBNORCA (2007) el grano de quinua por su diámetro se clasifica en cuatro categorías: tamaño 'extragrande' (mayores a 2,20 mm), tamaño 'grande' (1,75 a 2,20 mm),

tamaño 'mediano' (1,35 a 1,75 mm) y tamaño 'pequeño' (menores a 1,35 mm). En la categoría 'extragrande' se encuentran la 'Quinua Real', cuya característica principal es el tamaño grande de sus granos siendo muy apreciada por el mercado internacional. La Quinua Real es un producto originario de nuestro país, cuya calidad, reputación se debe exclusivamente al medio geográfico en el que se produce, incluyendo los factores naturales y humanos propios del Altiplano Sur. Estas características intrínsecas de la Quinua Real favorecen para lograr su Denominación de Origen.

Cuadro 1.
Parámetros estadísticos de tendencia central y dispersión para características cuantitativas del germoplasma de quinua de Bolivia.

Componente	Mínimo	Máximo	Media	SD
Botón floral (días)	38	95	51,72	5,66
50% de floración (días)	60	145	93,5	12,04
Madurez fisiológica (días)	110	209	176,89	19,79
Índice de cosecha	0,06	0,87	0,4	0,12
Diámetro de tallo (mm)	10,16	26,26	17,12	2,66
Longitud de panoja (cm)	15,4	62,8	37,41	8,09
Diámetro de panoja (cm)	2,86	19,42	6,85	1,66
Altura de planta (cm)	54	174,2	110,84	17,51
Diámetro del grano (mm)	1,03	2,66	1,96	0,23
Peso de 100 granos (g)	0,12	0,6	0,27	0,08
Contenido de saponina (cc)	0	10,88	3,16	3,02

Ciclo vegetativo.- En el país es posible encontrar accesiones que alcanzan la madurez fisiológica en 110 días hasta accesiones que maduran en 209 días (Cuadro 1). Esta característica es fuertemente dependiente del genotipo. Las quinuas de los Valles Interandinos son más tardías que las del Altiplano. El amplio rango de variación del ciclo vegetativo es alentador para la adaptación del cultivo a la variabilidad de clima y cambio climático.

En los últimos años la variabilidad del clima y los cambios en el régimen de lluvias ha hecho que la fechas de siembra de la quinua se vayan moviendo a septiembre – octubre y en algunos casos en noviembre, exigiendo la disponibilidad de variedades precoces con características de grano grande, con rendimientos atractivos y que garantice la producción dentro del ciclo productivo. Bajo esta consideración, el criterio de precocidad (noventonas) es una alternativa que se puede aprovechar muy bien del germoplasma de quinua y de esta forma ampliar la posibilidad de siembra hasta noviembre y lograr cosechas dentro del ciclo de cultivo.

Rendimiento de grano por planta.- Se registraron rendimientos por planta hasta de 250 g, esta variable también es fuertemente dependiente del genotipo y a la vez de las variables componentes de rendimiento como el diámetro del tallo, altura de planta, longitud y diámetro de la panoja, diámetro del grano, entre otras.

Variables de valor nutritivo y agroindustrial

En el año 2001 se iniciaron los trabajos de evaluación del valor nutritivo de la colección de germoplasma de quinua, y posteriormente la evaluación de variables agroindustriales, con el fin de orientar el uso del germoplasma en la elaboración de productos transformado a base de quinua. Un resumen de los parámetros estadísticos estimados para cada característica del valor nutritivo y agroindustrial del germoplasma de quinua se presenta en el Cuadro 2, los cuales están expresados sobre base seca (Rojas y Pinto 2006; Rojas *et al*. 2007; Rojas y Pinto 2008). Se puede observar que las accesiones muestran una amplia variabilidad para la mayoría de las características estudiadas, lo cual es un indicativo del potencial genético del germoplasma de quinua.

Cuadro 2.
Características de valor nutritivo – agroindustrial y estadísticos simples de la germoplasma de quinua de Bolivia (n = 555).

Componente	Mínimo	Máximo	Media	SD
Proteína (%)	10,21	18,39	14,33	1,69
Grasa (%)	2,05	10,88	6,46	1,05
Fibra (%)	3,46	9,68	7,01	1,19
Ceniza (%)	2,12	5,21	3,63	0,50
Carbohidratos (%)	52,31	72,98	58,96	3,40
Energía (Kcal/100 g)	312,92	401,27	353,36	13,11
Granulo almidón (µ)*	1	28	4,47	3,25
Azúcar invertido (%)*	10	35	16,89	3,69
Agua de empaste (%)*	16	66	28,92	7,34

SD = Desviación estándar; Análisis realizado por LAYSAA; *(n=266)

En las accesiones evaluadas la cantidad de proteína fluctuó de 10.21 a 18.39% (Cuadro 2), estos valores son más amplios que al rango de 11.6 – 14.96% que reportan βo (1991) y Morón (1999) citados por Jacobsen y Sherwood (2002). Si bien la cantidad de proteína es un aspecto básico, la calidad es lo propio y depende del contenido de aminoácidos esenciales. La calidad de proteína de la quinua, es superior a las proteínas de los cereales.

La Figura 4 muestra la variación y distribución del contenido de proteína en función a la cantidad de accesiones. Se puede observar que la mayor frecuencia de accesiones de quinua tiene un contenido de proteína que varía de 12 a 16,9%, mientras que existe un grupo de 42 accesiones cuyo contenido fluctúa entre 17 a 18,9%. Este último grupo se constituye en una fuente importante de genes para impulsar el desarrollo de productos con altos contenidos de proteína. Es importante enfatizar que en comparación con la proteína de otras especies vegetales, la proteína de la quinua es altamente digestible, es decir el cuerpo humano aprovecha casi el 100% de la proteína que se ingiere.

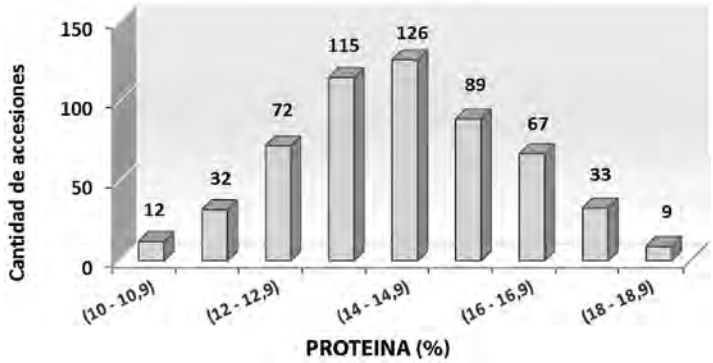


Figura 4.
Variación del contenido de proteína de 555 accesiones del germoplasma de quinua.

El contenido de grasa fluctuó entre 2,05 a 10,88% con un promedio de 6,39% (Cuadro 2). El rango superior de estos resultados es mayor al rango de 1.8 a 9.3% que reportan βo, 1991 y Morón, 1999 (citados, Jacobsen y Sherwood, 2002), quienes indican, que el contenido de grasa de la quinua tiene un alto valor debido a su alto porcentaje de ácidos grasos no-saturados. Estos valores del germoplasma de quinua son expectables para la obtención de aceites vegetales finos para el uso culinario y cosmético.

La variación genética del tamaño de gránulo de almidón fluctuó entre 1 a 28 µ (Cuadro 2 y Figura 6), esta variable permite dar una orientación agroindustrial para realizar las distintas mezclas con cereales y leguminosas para establecer el carácter funcional de la quinua. Es muy importante que el granulo de almidón sea pequeño, para facilitar el proceso de texturizado y es fácil de insuflar porque los espacios de granulo a granulo permiten introducir mayor cantidad de aire para el intercambio y formación de burbujas de aire, lo cual permite obtener pipocas de calidad (Rojas *et al*. 2007).

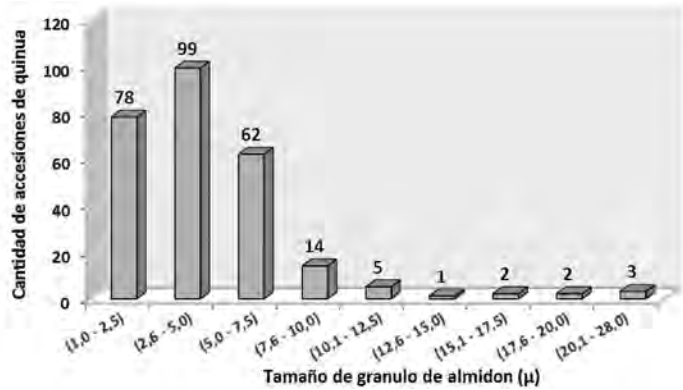


Figura 5.
Variación en el tamaño de granulo de almidón en 266 accesiones del germoplasma de quinua.

El contenido de azúcares invertidos varió de 10% hasta 35%, esta variable expresa la cantidad de azúcar que inicia la fermentación por el desdoblamiento o inversión, vale decir el parámetro para determinar la calidad de los carbohidratos, además que es un parámetro importante por el que se puede clasificar a la quinua como alimento apto para diabéticos. El porcentaje óptimo del contenido de 'azúcar invertido' es ≥ a 25%. Las accesiones de la colección de germoplasma que cumplen esta condición tienen aptitudes para ser usadas en mezclas con harinas para procesar panes, cereales, etc., lo cual dejaría una sensación bucal agradable (siempre y cuando se elimine toda la saponina del exterior del grano).

La variable 'porcentaje de agua de empaste' muestra un rango de variación de 16 a 66%. Esta variable mide la capacidad de absorción de agua del almidón para los procesos de pastificio, panificación y bollería. El valor ideal para este parámetro en aplicación industrial es ≥ a 50%. Considerando esta característica, el germoplasma de quinua también se constituye en una fuente importante de genes para desarrollar este tipo de productos.

El incorporar el concepto de 'diversidad genética' en la elaboración de productos transformados permitirá usar en forma apropiada el potencial genético que tiene la quinua. En resumen es posible seleccionar y obtener variedades de quinua: con porcentajes de proteína más altos (≥ 18%) y lograr productos más atractivos; con diámetros de gránulo de almidón pequeños (≤ a 3 µ) para obtener pipocas explendidas y homogéneas, con porcentajes estables de amilosa y amilopectina para la elaboración de flanes, papillas gelatinizadas, cremas instantáneas, fideos, entre otros. Esta forma de aprovechar y usar la quinua va en paralelo con la conservación y uso de la diversidad genética.

Identificación taxonómica del germoplasma de quinua silvestre

En la colección boliviana de germoplasma existen 327 accesiones de quinua silvestre. Durante el periodo 2003 – 2008 se realizó la identificación taxonómica de las 327 accesiones de este germoplasma, el trabajo de campo se llevó a cabo en el Centro Quipaquipani de PROINPA y la identificación en el Herbario Nacional de Bolivia. Fueron identificadas 8 especies (Figura 6) *Chenopodium quinoa* Willd. *subsp. milleanum* Aellen (162 accesiones); *Ch. quinoa* Willd. var. m*elanospermum* Hunz. (110 accesiones) *Ch. quinoa* Willd. var. *quinoa* (38 accesiones) *Ch. hircinum* subsp. *eu-hircinum* Aellen (7 accesiones); *Ch. hircinum* var. *catamarcensis* Aellen (4 accesiones); *Ch; hircinum* Schrad. (3 accesiones); *Ch. hircinum var. andinum* Aellen (2 accesiones) y *Ch. album* L. (1 accesión). Las especies identificadas forman parte del grupo de especies que son consideradas los ancestros de la quinua cultivable y representa una riqueza valiosa para el país y la humanidad (Rojas *et al*. 2008; Pinto 2009).

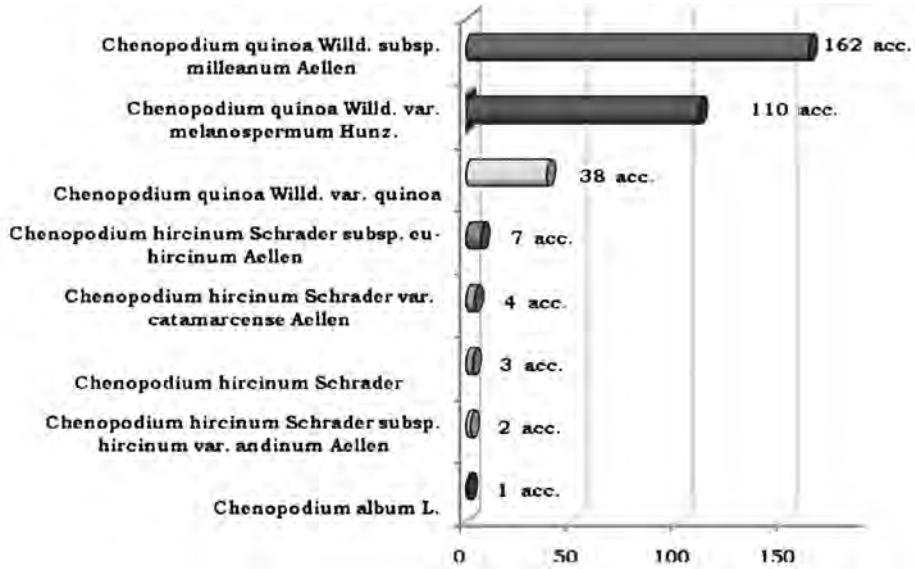


Figura 6.
Especies de quinua silvestres identificadas taxonómicamente y cantidad de accesiones que se conservan en la colección boliviana de germoplasma.

Las especies, subespecies y variedades silvestres de quinua se encuentran distribuidas en el altiplano, los valles interandinos y los llanos. Los pobladores del área rural del altiplano y los valles las conocen en Aymara con los nombres comunes de 'ajara', 'aara', 'chiwa' y 'ayara'. Estas especies silvestres poseen genes valiosos para ayudar a adaptar al cultivo ante la variabilidad del clima y cambio climático, mejorar los rendimientos, elevar el valor nutricional y conferir buen sabor a los alimentos. Las quinuas silvestres son un complemento alimentario y son apreciadas para el consumo sobretodo en años de sequía, cuando los otros cultivos no prosperan.

Conclusiones

- Los recursos fitogenéticos son esenciales para la seguridad y soberanía alimentaria de los pueblos y contribuyen fuertemente a las necesidades básicas de la humanidad y son parte del patrimonio ancestral y cultural de los países. La tarea de su conversación y uso es una responsabilidad que debe asumir la sociedad en su conjunto a la cabeza del Estado. Debemos empezar por la valorización del patrimonio genético, reconociendo que son parte de nuestra identidad cultural, sintiéndonos orgullosos de consumir la diversidad que disponemos, enseñando a nuestros niños a través de las diferentes currículas de formación, el valor y rol que juegan los recursos genéticos en beneficio de las sociedades.

- La conservación de los recursos fitogenéticos requiere apoyo institucional a través de estructuras sólidas. No se debe escatimar ningún esfuerzo al momento de asignar los presupuestos anuales porque se trata de recursos tan valiosos que deben ir pasando de generación en generación para el respaldo de nuestra propia existencia como especie humana.
- La experiencia de manejo de la colección boliviana de germoplasma de quinua, permitió pasar por diferentes situaciones técnicas, sociales y financieras, donde la vocación y entrega al trabajo fueron los elementos fundamentales para lograr posicionar al banco de germoplasma de quinua como el más importante, con mayor diversidad y número de accesiones a nivel mundial (FAO 2010). Todo este proceso deja muchas enseñanzas que debe motivar para continuar generando conocimiento en favor de las especies vegetales y en particular de las especies subutilizadas, como es el caso de la quinua, cañahua, amaranto, tarwi y otras similares.

Referencias citadas

Aroni, J.C., G. Aroni, R. Quispe y A. Bonifacio. 2003. Catálogo de Quinua Real. Fundación PROINPA. 51 p.

Bonifacio, A., G. Aroni y M. Villca. 2012. Catálogo Etnobotánico de la Quinua Real. Cochabamba, Bolivia. 123 p.

Cayoja, M.R. 1996. Caracterización de variables contínuas y discretas del grano de quinua (Chenopodium quinoa Willd.) del banco de germoplasma de la Estación Experimental Patacamaya. Tesis de Lic. en Agronomía. Oruro, Bolivia, Universidad Técnica Oruro, Facultad de Agronomía. 129 p.

FAO. 2010. The Second Report on the State of the World's Plant Genetic Resources for Food and Agriculture. Rome, Italy. 370 p.

Gandarillas, H. 1979. Genética y origen. In: M. Tapia (ed). Quinua y Kañiwa, cultivos andinos. Bogotá, Colombia, CIID, Oficina Regional para América Latina. pp 45-64.

IBNORCA. 2007. Granos Andinos – Quinua en grano – Clasificación y requisitos. NB 312004. Norma Boliviana. Instituto Boliviano de Normalización y Calidad – IBNORCA. Julio, 2007.

IBPGR. 1981. Descriptores de Quinua. Roma: International Board for Plant Genetic Resources. 18p.

Jacobsen, S.E. y S. Sherwood. 2002. Cultivo de Granos Andinos en Ecuador. Informe sobre los rubros quinua, chocho y amaranto. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Centro Internacional de la Papa (CIP) y Catholic Relief Services (CRS). Quito, Ecuador. 89 p.

Lescano, J.L. 1989. Avances sobre los recursos fitogenéticos altoandinos. En: Curso: "Cultivos altoandinos". Potosí, Bolivia. 17 - 21 de abril de 1989. pp 19-35.

Pinto, M. (ed.) 2009. Conservación complementaria ex situ – in situ de especies silvestres de quinua y cañahua. Informe de Fase 2005 – 2008, Proyecto UNEP/GEF. Fundación PROINPA. La Paz, Bolivia. 140 p.

Rojas, W., M. Pinto y E. Mamani. 2009. Logros e impactos del Subsistema Granos Altoandinos, periodo 2003 – 2008. En Encuentro Nacional de Innovación Tecnológica, Agropecuaria y Forestal. INIAF. Cochabamba, 29 y 30 de junio de 2009. pp 58-65.

Rojas, W., E. Mamani, M. Pinto, C. Alanoca y T. Ortuño. 2008. Identificación taxonómica de parientes silvestres de quinua del Banco de Germoplasma de Granos Altoandinos. Revista de Agricultura – Año 60, Nro. 44. Cochabamba, Bolivia, Diciembre 2008. pp 56-65.

Rojas, W. y M. Pinto. 2008. Evaluación del valor nutritivo de accesiones de quinua y cañahua silvestre. En: M. Pinto (ed.) Proyecto Implementation of the UNEP-GEF project, "In situ conservation of crop wild relatives through enhanced information management and field application." Informe de Fase 2005-2008. Fundación PROINPA. La Paz, Bolivia. pp 54-60.

Rojas, W., M. Pinto y E. Alcocer. 2007. Diversidad genética del valor nutritivo y agroindustrial del germoplasma de quinua. Revista de Agricultura – Año 59 Nro. 41. Cochabamba, diciembre de 2007. pp 33-37.

Rojas, W. y M. Pinto. 2006. Evaluación del valor nutritivo y agroindustrial de accesiones de quinua y cañahua. En: W. Rojas (ed.) Proyecto Manejo, Conservación y Uso Sostenible de los Recursos Genéticos de Granos Altoandinos, en el marco del SINARGEAA. Informe Final 2005-2006. Fundación PROINPA. La Paz, Bolivia. pp 32-42.

Rojas W., M. Pinto y A. Camargo, 2003. Estandarización de listas de descriptores de quinua y cañahua. En: Informe Técnico Anual 2002 - 2003. Año 2. Proyecto IPGRI-FAD "Elevar la contribución que hacen las especies olvidadas y subutilizadas a la seguridad alimentaria y a los ingresos de la población rural de escasos recursos". Fundación PROINPA, La Paz, Bolivia. pp 59-94.

Rojas, W. 2003. Multivariate analysis of genetic diversity of Bolivian quinoa germplasm. Food Reviews International. Vol. 19 (1-2): 9-23.

Rojas, W., M. Cayoja y G. Espindola. 2001. Catálogo de colección de quinua conservada en el Banco Nacional de Granos Altoandinos. Fundación PROINPA, MAGDER, PPD-PNUD, SIBTA-UCEPSA, IPGRI, IFAD. La Paz, Bolivia. 129 p.

Tapia, M. 1990. Cultivos Andinos subexplotados y su aporte a la alimentación. Instituto Nacional de Investigación Agraria y Agroindustrial INIAA – FAO, Oficina para América Latina y El Caribe, Santiago de Chile.

Clasificación por calibre del grano en líneas de quinua roja

Milton Huanca[1]; Evert Valdivia[1]; Alejandro Bonifacio[1]; Amalia Vargas[2].

[1] Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés.

[2] Fundación PROINPA.

E-mail: alejandrobonifacio@gmail.com

Resumen

Un total de 10 líneas de quinua de grano rojo fueron evaluadas en su rendimiento en la comunidad Queripujo, provincia Los Andes, La Paz. El grano obtenido fue clasificado por categorías de grano empleando un juego de tamices acondicionados por calibre de mayor a menor tamaño (calibrador de grano de quinua). Los resultados muestran que las líneas de quinua roja presentan diferentes estadísticas altamente significativas para el rendimiento en grano, encontrándose líneas que superan el rendimiento de 1000 kg por hectárea. Por otra parte, la clasificación de grano por tamaño, permitió encontrar diferencias en la proporción de grano de distintas categorías, siendo estas estadísticamente significativas. El porcentaje de germinación de las diferentes categorías de grano es diferente para las líneas, además que en cada categoría el porcentaje de germinación varia sea a 24 horas o 48 horas de prueba. Las diferencias observadas en proporción de grano por tamaño, el porcentaje de germinación y el tiempo de germinación ofrecen pautas para incorporar dichos criterios en la selección en el proceso de mejoramiento de la quinua.

Palabras claves: Calibre de grano; proporción de tamaño de grano; rendimiento; quinua roja.

Introducción

En la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) el grano entero presenta colores diversos (blanco, amarillo, rosado, rojo, anaranjado, negro, café) en sus diferentes tonos de cada color. Sin embargo, en el grano beneficiado o lavado solamente se diferencia tres colores que el blanco, rojo y negro.

Nota: Huanca, Valdivia y Bonifacio son estudiantes y docentes de Fitomejoramiento, respectivamente.

El mercado de exportación prefiere la quinua perlada que es el grano lavado de color blanco. En los últimos años, surgió la demanda por quinua de color café y negro, registrándose inclusive ventas a mayores precios que la blanca. Por tanto, es necesario abordar el estudio de las líneas que presentan grano rojo.

Cuando se exporta quinua en grano, el tamaño o calibre es criterio preponderante de calidad, prefiriéndose grano grande en la mayoría de los casos. Las variedades de quinua se diferencian por el tamaño de grano que produce, siendo variedades de grano grande, mediano y pequeño. Adicionalmente a esta diferenciación varietal, cada variedad presenta granos con variación interna, es decir, que dentro una misma variedad existe diferentes tamaños de grano, cuya proporción varía según la homogeneidad del grano. Según Aroni *et al*. (2003), la quinua real es de grano grande y presenta la calidad de exportación. Bonifacio y Vargas (2002), liberaron una variedad mejorada que tiene las mismas características de la quinua real pero que se produce en el altiplano Norte y central de Bolivia.

Durante la selección de material genético, la homogeneidad del grano es apreciada visualmente, lo cual no siempre es preciso. Por lo que se ha ensamblado un juego de tamices de calibre distinto para clasificar una muestra de grano por calibre o tamaño.

Objetivos

- Determinar la proporción de granos de calibre diferenciado en líneas de grano rojo.
- Conocer la influencia del tamaño de grano en la germinación.
- Determinar el tiempo de germinación de las diferentes categorías de grano.

Materiales y métodos

El trabajo se desarrolló en la Localidad de Quripujo (campo) y el laboratorio del Centro de Investigación Quipaquipani.

Los materiales utilizados en campo fueron hoces, lonas, cuerdas, zarandas, bañadores, bolsas, marbetes, cinta métrica, entre otros. Los materiales de laboratorio empleados fueron balanza digital de precisión, clasificador de grano (calibrador), probeta, libro de registros.

En campo se cosechó la parcela útil de las unidades experimentales del ensayo de líneas de grano rojo previamente establecido en la localidad de Queripujo. El material cosechado fue trillado por unidad experimental y el grano pesado en gramos y luego convertido en kg ha^{-1} para determinar el rendimiento por unidad de superficie.

Una vez obtenido el rendimiento en grano, se procedió a tomar una muestra representativa para clasificar el grano de acuerdo al calibre o tamaño, para esto se empleó el juego de tamices establecido para 4 tamaños. El juego de tamices se diferencia por

color y también por diámetro de la criba, siendo blanco (TM1 ≥ 2mm), Amarillo (TM2 ≥ 1.5mm), Celeste (TM3 ≥ 1mm) y Verde (TM4<1mm). Una vez separado el grano según calibre o tamaño, se procedió a registrar el peso por cada categoría de grano y luego se determinó el porcentaje de cada categoría. Finalmente, se ha evaluado la germinación por categoría de grano a 24 y 48 horas de prueba.

El análisis de varianza se ha realizado con datos de rendimiento total y porcentajes de cada categoría de grano clasificado con el juego de tamices. Para complementar la información, se procedió a realizar el análisis de varianza para el porcentaje de germinación para cada categoría de grano. En caso de existir diferencias significativas, se ha procedido a agrupar los tratamientos según la prueba de Duncan.

Resultados y discusión

Cuadro 1.
Promedio de rendimiento y porcentaje de categorías de grano por calibre expresado en kg.

Línea	Genotipo	Kg ha-1	Peso ≥ 1.5mm	Peso ≥ 1mm	Peso <1mm
1	L-PSKA	1319.0	10.146	82.651	7.203
2	L-BLHB	1068.0	4.473	84.644	10.882
3	L-118 cf	518.8	39.824	57.857	2.263
4	L-P cf	989.2	29.671	66.398	3.742
5	L- 12(85)/1/1/4/4/4/4/M/M/	979.3	48.984	49.094	1.868
6	L-6(01)	733.2	50.810	47.208	1.982
7	L-GO	747.2	58.220	39.467	2.276
8	L-35(02)	667.3	57.798	40.239	1.963
9	L-33(02)	887.5	60.899	35.95	3.151
10	L-M389	1477.0	1.411	78.611	20.304

En el Cuadro 1 se ve que las líneas reportan rendimientos que varían entre líneas. El porcentaje de granos de calibre igual o mayor a 1.5 mm varía desde 1.4% del peso total hasta 60.89%, destacándose las líneas 7, 8 y 9 con mayor porcentaje de granos entre medianos a grandes. Esto quiere decir que a mayor porcentaje de grano grande es mejor la calidad del grano puesto que contiene la mayor proporción de granos grandes. Por otra parte, la categorización del grano, permite detectar si tienen mayor proporción de granos de una misma categoría, en ese sentido, las líneas 1, 2 y 10 son las más homogéneas en su composición de tamaño de grano, aunque no siempre son las de mayor tamaño de grano.

Cuadro 2.
Promedio de rendimiento y porcentaje de categorías de grano por calibre expresado en porcentaje de germinación a 24 y 48 horas de prueba.

Línea	Genotipo	Kg ha-1	Porcentaje germinación 24 horas			Porcentaje germinación 48 horas		
			≥1.5mm	≥ mm	<1mm	≥1.5mm	≥ mm	<1mm
1	L-PSKA	1319.0	68.5	63.5	13	95.5	93.5	73.0
2	L-BLHB	1068.0	65.0	37.5	6	92.5	83.0	54.5
3	L-118 cf	518.8	95.5	89.5	47	99.0	98.5	76.5
4	L-P cf	989.2	79.5	54.0	16	98.5	97	65.0
5	L- 12(85)/1/	979.3	89.5	85.0	37	98.0	94.5	74.5
6	L-6(01)	733.2	83.5	81.0	29	97.5	94.5	66.0
7	L-GO	747.2	75.5	67.0	27	93.5	92.0	57.0
8	L-35(02)	667.3	85.0	78.0	37	97.0	93.0	64.5
9	L-33(02)	887.5	61.5	69.5	28.5	96.0	92.0	57.0
10	L-M389	1477.0	83.33	81.5	64	100	96.0	94.5

El Cuadro 2 contiene el rendimiento promedio y el porcentaje de germinación de las diferentes categorías de grano a las 24 y 48 horas respectivamente, destacándose dos aspectos muy interesantes: 1) altos porcentajes de germinación (superiores al 83%) a las 24 horas y 2) porcentajes bajos de germinación a las 24 horas y 3) altos porcentajes de germinación acumulada a las 24 horas. De lo anterior se deduce que las líneas están integradas por semilla con relativa dormancia frente a otras, puesto que la germinación a 24 horas alcanza valores superiores al 83% en seis líneas (1, 3, 5, 6, 8 y 10) excepto cuatro líneas (2, 4, 7 y 9) que en su categoría de gran pequeño alcanzó menor al 65% de germinación.

La clasificación en tamaño de grano tiene influencia en el porcentaje de germinación en las primeras 24 y 48 horas de prueba, lo que tiene implicaciones en el tiempo de germinación, cuanto más rápido la germinación mayores probabilidades de establecerse la plántula.

Como se podrá ver, esta simple clasificación por tamaño o categoría proporciona tres elementos fundamentales para la selección, mayor proporción de grano y mayor homogeneidad de grano en una muestra y menor tiempo de germinación, pudiendo ser empleado para definir en última instancia la selección de líneas por calidad de grano de consumo y para semilla.

La semilla es importante en la producción comercial de grano, siendo la calidad de semilla la más importante (Bodoin, 2009). La relación del tamaño de grano con la germinación total y el tiempo de germinación, no ha sido estudiado con el mayor detalle, por lo que los resultados obtenidos ofrecen pautas para continuar su estudio.

Cuadro 3.
Análisis de varianza para rendimiento en grano de 10 líneas de grano rojo.

Fuente de variación	GL	SC	CM	F	P
Línea	9	3144193	349355**	9.39	0.000
Bloques	3	619070	206357	5.55	0,04
Error	27	1004155	37191		
Total	39	4767418			
CV (%)		6.5			

El Cuadro 3 muestra el análisis de varianza para rendimiento total de grano, constatándose que hay diferencias estadísticas altamente significativas para líneas, lo que quiere decir que los genotipos difieren significativamente en el rendimiento. El coeficiente de variación es 6.5% considerado muy bueno.

Cuadro 4.
Prueba de Duncan para el rendimiento total de grano (kg ha^{-1}).

Línea	kg ha^{-1}
3	518.8[a]
8	667.3a b
6	733.2abc
7	747.2abc
9	887.5 bcd
5	979.3 cd
4	989.2 cd
2	1067.5 de
1	1318.7 ef
10	1476.7 f

La prueba de Duncan para rendimiento de grano agrupa a las líneas por promedio de rendimientos similares, diferenciándose 6 grupos, destacándose las líneas 1, 2, y 3 por superar los 1000 kg por hectárea.

Cuadro 5.
Cuadrados medios del Análisis de Varianza para el porcentaje según tamaño de grano por categoría de grano.

FV	GL	≥1.5mm	≥ mm	<1mm
Línea	9	2282.5**	1401.5**	141.58**
Bloques	3	1114.5	677.8	66.02
Error	27	164.7	188.3	24.47
Total	39			
CV (%)		29.4	14.1	46.2

El Cuadro 5 contiene los resultados del ANVA para categoría de grano según calibre para las líneas de grano rojo, evidenciándose que las diferencias son altamente significativas para las líneas y en las tres categorías. Lo anterior refleja las diferencias genéticas de las líneas para el carácter tamaño de grano, lo cual podría ser útil para seleccionar líneas por tamaño de grano.

Cuadro 6.

Cuadrados medios del Análisis de Varianza para el porcentaje germinación según tamaño de grano a las 24 horas de prueba.

FV	GL	≥ 1.5mm	≥ 1.4 <1.7 mm	<1.4mm
Línea	9	483**	1014.2**	1161.9**
Bloques	3	666.7	270.8	476.9
Error	27	112.1	182.8	245.8
Total	39			
CV (%)		10.4	7.4	22.7

El Cuadro 6 muestra las diferencias estadísticas para líneas en cada categoría de grano, lo que muestra que las líneas difieren en sus aspectos hereditarios para expresar el tamaño de grano.

Cuadro 7.

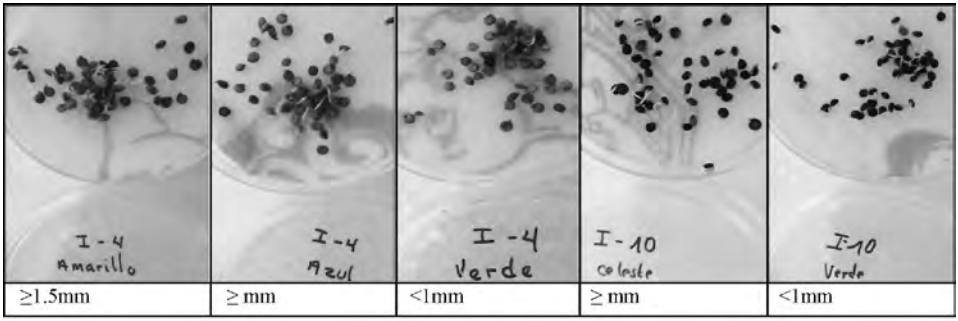
***Prueba de Duncan para el porcentaje de tamaño de grano en líneas de quinua roja y porcentaje de germinación a las 24 horas*.**

Porcentaje tamaño o categoría de grano						Porcentaje germinación	
Línea	≥1.7mm	Línea	≥ 1.4mm	Línea	<1.4mm	Línea	≥1.7mm
10	1.97[a]	9	35.95[a]	5	1.868[a]	9	61.50[a]
2	4.47[a]	7	39.47[a]	8	1.963a	2	65.00ab
1	10.15[a]	8	40.24[a]	6	1.982a	1	68.50abc
4	29.67 b	6	47.21ab	3	2.263[a]	7	75.50abcd
3	39.82 bc	5	49.09ab	7	2.276a	4	79.50 bcde
5	48.98 bcd	3	57.86abc	9	3.150ab	6	83.50 cde
6	50.81 cd	4	66.40 bcd	4	3.741ab	10	83.87 cde
8	57.80 cd	10	78.61 cd	1	7.203ab	8	85.00 cde
7	58.22 cd	1	82.65 d	2	10.882 b	5	89.50 de
9	60.90 d	2	84.64 d	10	20.304 c	3	95.50 e

La prueba de Duncan (Cuadro 7) clasifica a las medias de proporción de grano en 4 grupos para el grano grande y mediano y solo 3 grupos para el grano pequeño. En cambio para el porcentaje de germinación clasifica en 5 grupos.

Cuadro 8.

Imágenes del porcentaje de germinación de semilla de diferentes categorías de grano.



≥1.5mm	≥ mm	<1mm	≥ mm	<1mm

Las imágenes del Cuadro 8 muestran las diferencias en el inicio de germinación de las diferentes categorías de tamaño de grano, siendo más rápido en las de grano grande en la mayoría de los casos.

Conclusiones

- Las líneas de quinua roja presentan diferentes dísticas significativas para el rendimiento de grano.
- Las líneas de quinua presentan diferentes proporciones de tamaño de grano, siendo esta estadísticamente diferente.
- El porcentaje de germinación de las diferentes categorías de grano es diferente para las líneas, además en cada categoría el porcentaje de germinación varia sea a 24 horas o 48 horas de prueba.
- Las diferencias observadas en proporción de grano por tamaño, el porcentaje de germinación y el tiempo de germinación ofrecen pautas para incorporar dichos criterios en la selección en el proceso de mejoramiento de la quinua.
- El método de clasificación del grano de quinua permite categorizar el producto según su tamaño que en caso de quinua perlada es un criterio de calidad comercial, en ese sentido, el calibrador de grano puede ser una opción práctica para definir la calidad de quinua.
- IBNORCA - 2007. Norma Boliviana - Granos Andinos - Quinua en grano - Clasificación y requisitos - Instituto Boliviano de Normalización y Calidad - NB 312004. 5p.

Referencias citadas

Aroni, J.C., Aroni G., Quispe R. y Bonifacio A. 2003. Catálogo Quinua Real. Fundación PROINPA-Fundación McKnight. Poligraf, Cochabamba Bolivia. 51p.

Bodoin A. 2009. Evaluación y perspectivas del Mercado de semilla certificada de quinua en la región del Salar de Uyuni en el altiplano Surde Bolivia. IRD, CNRS, SIAFEE, CIRAD-UR-GREEN.36 p.

Bonifacio A., Vargas A. 2000. Variedad de quinua Jacha Grano. Fundación PROINPA, Cochabamba, Bolivia, Boletín Técnico Nro. 4 p.

IBNORCA. 2007. Norma boliviana. Granos andinos - Quinua en grano - Clasificación y requisitos. Instituto Boliviano de Normalización y Calidad. NB 312004.5p.

Plan de implementación del sistema de manejo de información del recurso genético de quinua (*Chenopodium quinoa* W.) administrado por INIAF-Bolivia

Edwin Iquize

Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF)

E-mail: eiquize@gmail.com

Resumen

En julio del 2010 la Fundación PROINPA paso al Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal INIAF los recursos genéticos quinua (***Chenopodium quinoa W.***) acompañada con una base de datos en Microsoft Excel 2003. En ese sentido el INIAF, con el objetivo de continuar la conservación de las accesiones de quinua requiere implementar un sistema de manejo de información. A partir de la información facilitada por PROINPA, los lineamientos y requerimientos de INIAF además de la bibliografía sobre el manejo de bancos de germoplasma se generó un plan a través de un flujo, donde la base de datos ***per se***, debe facilitar información que le permita tomar decisiones de actividades o acciones para la conservación del recursos genético de la quinua. Como ejemplo de esta propuesta, se visualiza el esfuerzo e importante realizado por PROINPA, pero que las accesiones de quinua requieren completar información de pasaporte, inventario, caracterización y otras variables inherentes en el manejo o conservación de las accesiones de quinua.

Palabras claves: Sistema de información; recursos genéticos.

Introducción

En el marco del Decreto Supremo 29611, el INIAF "es la autoridad competente y rectora del Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (SNIAF), que tiene los roles de generar tecnologías, establecer lineamientos y gestionar las políticas públicas de innovación agropecuaria y forestal, con la finalidad de contribuir a la seguridad y soberanía alimentaria, en el marco del diálogo de saberes, la participación social, y la gestión de los recursos genéticos de la agro biodiversidad como patrimonio del Estado"; todo

ello orientado al aporte en el logro de los objetivos del Plan Nacional de Desarrollo Bolivia "Digna, Soberana, productiva y Democrática para vivir bien" (INIAF, 2010). En ese sentido, uno de los objetivos es el "Asegurar la conservación y disponibilidad de los recursos genéticos de la agro biodiversidad, en las diferentes eco-regiones, como fuente de variabilidad genética y contrarrestar la erosión genética"

Bolivia, se encuentra entre los 17 países mega diversos del planeta y ratificó el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB). Así Bolivia planteó el programa de Consolidación del Sistema Nacional de Recursos Genéticos para la Agricultura y la Alimentación, que promueve la conservación, manejo y uso de los mismos, inicialmente a partir de 6 subsistemas que agrupan a especies de:

- Tubérculos y raíces
- Granos alto andinos
- Forestales (maderables y no maderables, alimenticios e industriales)
- Frutales (nativas e introducidas)
- Cereales y leguminosas (nativas e introducidas)
- Ganado (bovino, ovino, porcino, caprino, camélidos, otros)

El INIAF luego del 2010 inicio el manejo de recursos genéticos del Granos alto andinos, que incluye al cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa W.*). Estos recursos genéticos fueron manejados por la Fundación PROINPA en las gestiones anteriores y que pasaron a INIAF el custodio de estos recursos genéticos acompañada de información técnica.

Nótese, estos recursos genéticos para su manejo y conservación requieren el uso de un sistema de manejo de información. En el cultivo de quinua, PROINPA trabajo con una base de datos en Excel y parcialmente el Software Pcgrin. El INIAF requiere actualizar este sistema de información debido a las exigencias actuales de la conservación y el uso de dichas accesiones de quinua.

Estos antecedentes en el presente trabajo promueven el objetivo de generar el plan de implementación del sistema de manejo de información del recurso genético de quinua (*Chenopodium quinoa W*.) administrado por el INIAF-Bolivia.

Materiales y métodos

Traspaso de los recursos genéticos a INIAF

La Fundación PROINPA, en julio 2010 traspaso a INIAF los recursos genéticos de Quinua bajo un protocolo notariado las semillas y documentación (incluye datos en formato Excel). Por otra parte también traspasaron otras especies (Cuadro 1).

Cuadro 1.
Relación de recursos genéticos de la colección de Granos alto andinos.

Especies	Archivo	Programa	Último acceso
Amaranto (Amarantus caudatus), Atriplex (Atriplex sp), Cañahua (Chenopodium pallidicaule), Kauchi (Suaeda foliosa), Paico (Chenopodium ambrosoide) y Quinua (Chenopodium quinoa)	13	Excel	7-2010

Diagnóstico de la información facilitada a INIAF

La información proporcionada por la Fundación PROINPA, se revisó los datos de pasaporte, inventario y caracterización a través de estadística descriptiva (Steel y Torrie, 1993; SAS Institute Inc, 2013).

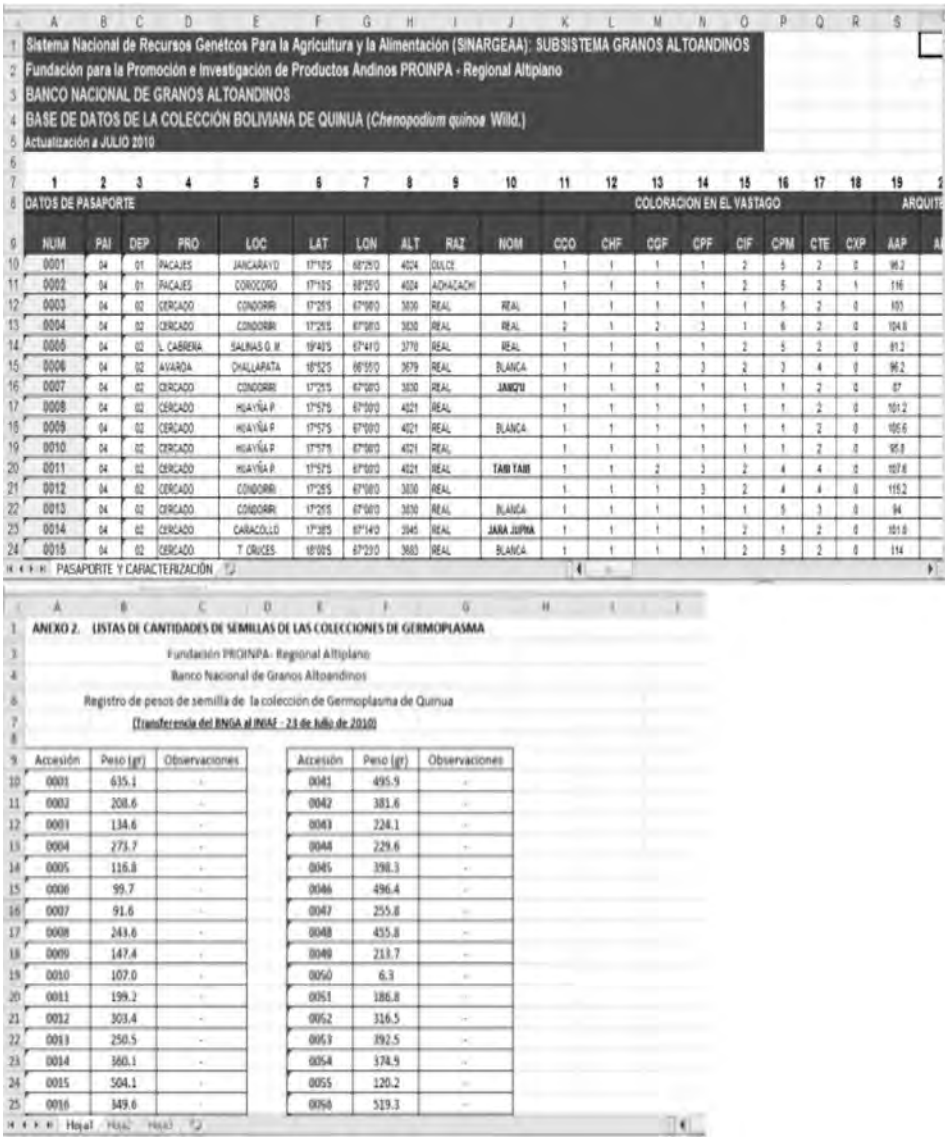
Revisión de información del manejo de Recursos Genéticos

Se realizó la revisión de bibliografía y experiencias de otros países sobre la Gestión de Recursos Genéticos. Y en función a la información disponible se plantea una propuesta con un esquema o flujo del sistema de manejo de datos del Recurso Genético de Quinua.

Resultados

Bases de datos

La estructura de la base de datos en formato Excel 2003 (Figura 1), correspondiente a variables relacionadas con Pasaporte y Caracterización, están organizados en una matriz de doble entrada, donde las variables se ubicaron en las columnas y en las filas las accesiones. Entre tanto la base de datos del Inventario de semillas presenta una estructura de dos grupos, cada una presenta las variables en columnas y las accesiones en filas.



Sistema Nacional de Recursos Genéticos Para la Agricultura y la Alimentación (SINARGEAA): SUBSISTEMA GRANOS ALTOANDINOS
Fundación para la Promoción e Investigación de Productos Andinos PROINPA - Regional Altiplano
BANCO NACIONAL DE GRANOS ALTOANDINOS
BASE DE DATOS DE LA COLECCIÓN BOLIVIANA DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd.)
Actualización a JULIO 2010

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	2
8	DATOS DE PASAPORTE										COLORACION EN EL VASTAGO								ARQUITE	
9	NUM	PAI	DEP	PRO	LOC	LAT	LON	ALT	RAZ	NOM	CCO	CHF	CGF	CPF	CIF	CPM	CTE	CXP	AAP	A
10	0001	04	01	PACAJES	JANCAÑAYO	17°10'S	68°25'O	4024	DULCE		1	1	1	1	2	5	2	0	98.2	
11	0002	04	01	PACAJES	COROCORO	17°10'S	68°25'O	4024	ADHAZACHI		1	1	1	1	2	5	2	1	116	
12	0003	04	02	CERCADO	CONDORIRI	17°25'S	67°58'O	3830	REAL	REAL	1	1	1	1	1	5	2	0	103	
13	0004	04	02	CERCADO	CONDORIRI	17°25'S	67°58'O	3830	REAL	REAL	2	1	2	3	1	6	2	0	104.8	
14	0005	04	02	L. CABRERA	SALINAS G. M.	19°40'S	67°41'O	3770	REAL	REAL	1	1	1	1	2	5	2	0	91.2	
15	0006	04	02	AVAROA	CHALLAPATA	18°52'S	66°55'O	3679	REAL	BLANCA	1	1	2	3	2	3	4	0	96.2	
16	0007	04	02	CERCADO	CONDORIRI	17°25'S	67°58'O	3830	REAL	JANCU	1	1	1	1	1	1	2	0	87	
17	0008	04	02	CERCADO	HUAYÑA P.	17°57'S	67°09'O	4021	REAL		1	1	1	1	1	1	2	0	101.2	
18	0009	04	02	CERCADO	HUAYÑA P.	17°57'S	67°09'O	4021	REAL	BLANCA	1	1	1	1	1	1	2	0	105.6	
19	0010	04	02	CERCADO	HUAYÑA P.	17°57'S	67°09'O	4021	REAL		1	1	1	1	1	1	2	0	95.8	
20	0011	04	02	CERCADO	HUAYÑA P.	17°57'S	67°09'O	4021	REAL	TAIB TAIB	1	1	2	3	2	4	4	0	107.6	
21	0012	04	02	CERCADO	CONDORIRI	17°25'S	67°58'O	3830	REAL		1	1	1	3	2	4	4	0	116.2	
22	0013	04	02	CERCADO	CONDORIRI	17°25'S	67°58'O	3830	REAL	BLANCA	1	1	1	1	1	5	3	0	94	
23	0014	04	02	CERCADO	CARACOLLO	17°38'S	67°14'O	3945	REAL	JARA JUPHA	1	1	1	1	2	1	2	0	101.8	
24	0015	04	02	CERCADO	T. CRUCES	18°00'S	67°23'O	3683	REAL	BLANCA	1	1	1	1	2	5	2	0	114	

PASAPORTE Y CARACTERIZACIÓN

ANEXO 2. LISTAS DE CANTIDADES DE SEMILLAS DE LAS COLECCIONES DE GERMOPLASMA

Fundación PROINPA- Regional Altiplano
Banco Nacional de Granos Altoandinos

Registro de pesos de semilla de la colección de Germoplasma de Quinua

(Transferencia del BNGA al INIAF - 23 de Julio de 2010)

Accesión	Peso (gr)	Observaciones
0001	635.1	-
0002	208.6	-
0003	134.6	-
0004	273.7	-
0005	116.8	-
0006	99.7	-
0007	91.6	-
0008	243.6	-
0009	147.4	-
0010	107.0	-
0011	199.2	-
0012	303.4	-
0013	250.5	-
0014	360.1	-
0015	504.1	-
0016	349.6	-

Accesión	Peso (gr)	Observaciones
0041	495.9	-
0042	381.6	-
0043	224.1	-
0044	229.6	-
0045	398.3	-
0046	496.4	-
0047	255.8	-
0048	455.8	-
0049	213.7	-
0050	6.3	-
0051	186.8	-
0052	316.5	-
0053	392.5	-
0054	374.9	-
0055	120.2	-
0056	519.3	-

Hoja1

Figura 1.
Estructura de la base de datos de pasaporte, caracterización e inventario de semilla facilitada por la Fundación PROINPA, a julio del 2010.

Revisión de bibliografía y experiencias sobre la Gestión de Recursos Genéticos

El INIAF-Bolivia plantea una sistematización considerando la conservación in situ y ex situ con la salvedad de generar una relación de trabajo con varios actores, promover una mayor fluidez de la información sobre las accesiones (pasaporte, caracterización y evaluación, conservación, uso y distribución) con fines de mejoramiento genético (Figura 2). Nótese, el sistema de Banco Base implica infraestructura que alberga semillas bajo temperaturas inferiores a 20° C y almacenada por mucho tiempo; referente al Banco Activo implica también infraestructura y disponibilidad de terreno para la multiplicación o regeneración de las semillas; sobre los Bancos de trabajo se visualiza para la caracterización y premejoramiento; todo ello ejecutado bajo un flujo de actividades con protocolos, generación de datos e información.



Figura 2.
Esquema de la gestión del sistema nacional de recursos genéticos.

Fuente: INIAF 2012.

El Consejo Internacional de Recursos Fitogenéticos IBPGR en 1993, propone que la organización de las actividades de un banco de germoplasma debe considerarse las siguientes actividades (Figura 3).



Figura 3.
Organización de las actividades de un banco de germoplasma

Fuente: Painting, K. A., Perry M. C., Denning, R. A. y Ayad, W. G. 1993.

El CIMMYT (Taba, S., M. van Ginkel, D. Hoisington, and D. Poland. 2004) presenta un flujo de las operaciones en el banco de germoplasma, además incluye resguardos en otros bancos como Colorado e Icarda. El registro de datos es transversal al movimiento de las semillas.

La Bioversity International en su publicación de Engels y Visser (2007), presenta un flujo de las actividades del banco de germoplasma del Centre for Genetic Resources (CGN) de Holanda (Figura 4) donde incluye también el manejo de información.

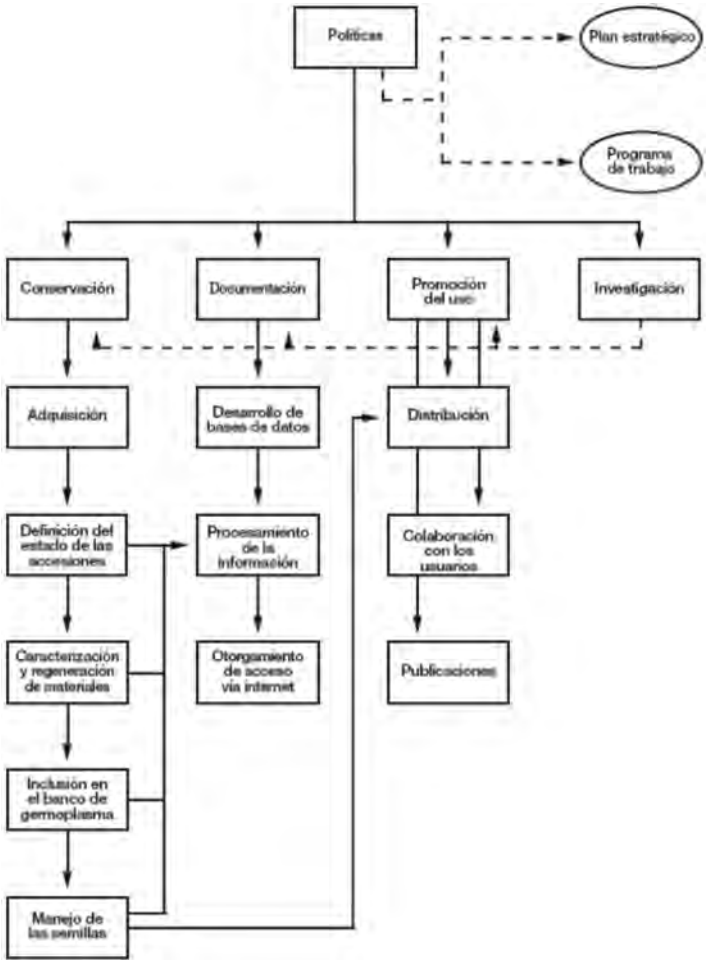


Figura 4.

Diagrama de flujo que muestra el proceso básico de las actividades de un banco de germoplasma, como se desarrollan en el Centre for Genetic Resources (CGN) de Holanda.

Fuente: Engels, J.M.M. y Visser, L. (eds.). 2007.

Propuesta para el sistema de gestión de Recursos Genéticos administrados por INIAF

La propuesta se basa en la experiencia del Centre for Genetic Resources (CGN) de Holanda, en función a las características de las bases de datos (Excel) y lineamientos que expone el INIAF (2010) además de las sugerencias de bibliografía.

Esta propuesta (Figura 5) considera el programa Microsoft Excel. Es evidente que sufrirá cambios en función al requerimiento del personal técnico de Toralapa-INIAF. Definida los flujos se vaciara a un software para el manejo o conservación de los Recursos Genéticos.

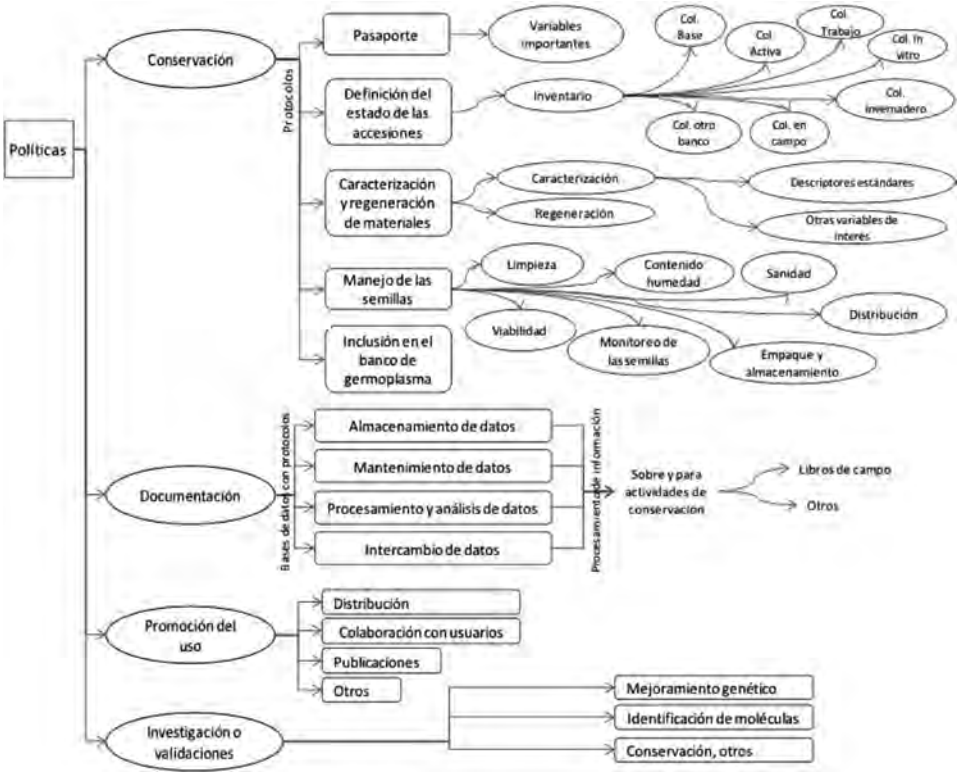


Figura 5.
Flujo o diagrama de la base de datos para una especie y/o colección de recursos genéticos administrados por INIAF-Bolivia.

El ejercicio de la Figura 6, presenta parte del flujo de la base de datos en el programa Microsoft Excel. Obsérvese que los datos y los reportes (estadística descriptiva) de las actividades están ligados a través de menús. Así mismo, este formato permitirá migrar la información a otro programa.

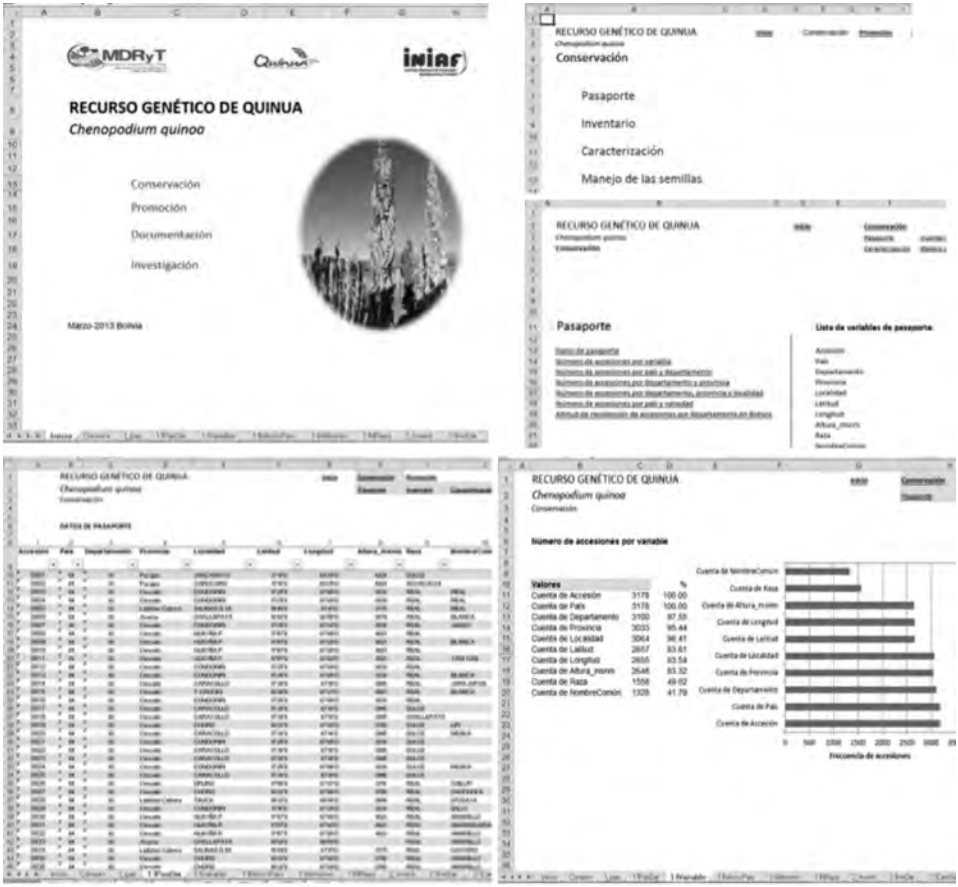


Figura 6.
Ejemplo sobre el flujo de la base de datos e información de la colección de recursos genéticos de Arveja en Excel, administrados por INIAF-Bolivia.

Generación de información de la base de datos

La base de datos debe generar información básica para la toma de decisiones de actividades o acciones necesarias para el manejo de las accesiones de quinua una vez alimentación con datos.

Información de pasaporte

Según el descriptor de quinua (CIRF/IBPGR, 1981) presenta 23 variables para pasaporte (datos de entrada y recolección). La información reportada presenta 10 variables (Cuadro 2), las mismas poseen variación, nótese solo la variable país tiene el 100 % de las accesiones.

Cuadro 2.
Distribución de frecuencias de accesiones por variable de Pasaporte.

Variables de pasaporte	Número de accesiones	%
Accesión	3178	100.00
País	3178	100.00
Departamento	3100	97.55
Provincia	3033	95.44
Localidad	3064	96.41
Latitud	2657	83.61
Longitud	2655	83.54
Altura (msnm)	2648	83.32
Raza	1558	49.02
Nombre Común	1328	41.79

El número de accesiones por país y departamento (Cuadro 3), visualiza la variación de accesiones, donde Bolivia posee la mayor cantidad, seguida por Perú, Ecuador, Chile y Argentina. Obsérvese que existen accesiones sin información de Departamento.

Cuadro 3.
Número de accesiones registrada por país y departamento.

País		Departamento		Accesiones
02	Ecuador	01	Norte	11
		02	Centro	17
		Total		28
03	Perú	02	Ancash	5
		03	Junín	18
		04	Ayacucho	40
		07	Cuzco	36
		08	Puno	566
		09	Ica	9
			(en blanco)	1
		Total		675
04	Bolivia	01	La Paz	1007
		02	Oruro	629
		03	Potosí	470
		04	Cochabamba	124
		05	Chuquisaca	108
		06	Tarija	19
		Total		2357

País		Departamento		Accesiones
05	Chile	01	Norte	1
		03	Sur	17
		Total		18
06	Argentina	01	Norte	16
07	México	01	Norte	3
		02	Centro	3
		Total		6
08	Sin dato			2
09	Sin dato			2
10	Sin dato			2
11	Sin dato			60
No	identificado			11
USA	Sin dato			1
Total				3178

Inventario de semillas

A julio del 2010 se registró la cantidad de semilla por accesión, donde 3104 de 3178 accesiones tienen semilla desde 0.10 a 900.5 g. Nótese la base de datos omite información sobre las fechas de cosecha de los refrescamientos de las accesiones. La base de datos también deberá identificar accesiones con menor cantidad de semilla y en cumplimiento a normas internacionales deberán ser refrescadas o multiplicadas, esta identificación también se lo realizaría con consultas y apoyo estadístico. Referente al porcentaje de germinación y viabilidad fue omitido en la base de datos facilitada por el anterior Curador.

Cuadro 4.
Existencia de semillas en gramos por accesión de quinua al 23/07/2010.

País	Número de accesiones		Total de semilla (g)	Promedio	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
	Registrada	Con semilla					
02 Ecuador	28	21	8537.90	406.57	252.89	43.90	845.00
03 Perú	675	657	278480.30	423.87	166.50	2.40	836.00
04 Bolivia	2357	2328	796284.09	342.05	211.59	0.10	900.50
05 Chile	18	15	2198.10	146.54	96.89	31.50	347.70
06 Argentina	16	15	3554.30	236.95	209.65	19.70	788.40
07 México	6	5	2030.30	406.06	288.75	146.20	856.00
08 Sin dato	2	2	332.70	166.35	72.90	114.80	217.90
09 Sin dato	2	2	214.30	107.15	62.30	63.10	151.20

10 Sin dato	2	2	262.30	131.15	25.24	113.30	149.00
11 Sin dato	60	45	16479.30	366.21	243.38	9.10	851.80
No identificado	11	11	2828.00	257.09	90.07	89.60	375.70
USA	1	1	7.50	7.50	-	7.50	7.50
Total	**3178**	**3104**	**1111209.09**	**357.99**	**206.53**	**0.10**	**900.50**

Caracterización

Las variables evaluadas en la caracterización de las accesiones de quinua también presentan variación. Se obsérvese en una variable con registro mínimo de 266 accesiones y en otra variable un máximo de 2763 accesiones. La base de datos omite la fecha y el sitio de la caracterización.

El Cuadro 5, presenta estadística descriptiva de las accesiones de quinua, donde los valores máximos reflejan el potencial productivo de las accesiones, por ejemplo existe al menos una accesión en Potosí y La Paz con mayor rendimiento de grano (g/planta). Esta información es útil para los fitomejoradores. Probablemente exista otras accesiones con capacidad productiva máximas, por lo cual la base de datos, a través de consultas y con apoyo estadístico debe permitir identificar a dichas accesiones.

Cuadro 5.
Estadística descriptiva del rendimiento de las accesiones de quinua por País y Departamento (g/planta).

País	Departamento	Número de accesiones	Promedio	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
02 Ecuador	01 Norte	9	20.68	9.50	10.46	39.60
	02 Centro	8	37.02	31.24	6.92	78.20
03 Perú	02 Ancash	5	34.88	9.74	24.20	50.60
	03 Junín	17	56.88	38.40	14.00	138.60
	04 Ayacucho	36	47.32	25.44	2.40	121.60
	07 Cuzco	34	48.91	28.89	3.94	133.20
	08 Puno	493	64.51	35.49	2.12	249.00
	09 Ica	8	45.70	8.09	36.60	62.40
04 Bolivia	01 La Paz	819	64.38	54.70	0.90	420.70
	02 Oruro	532	51.61	29.97	2.80	203.00
	03 Potosí	458	49.94	39.14	4.10	438.80
	04 Cochabamba	109	33.30	21.89	0.20	93.60
	05 Chuquisaca	107	40.05	21.36	1.00	114.40
	06 Tarija	19	31.45	15.24	8.60	66.00

País	Departamento	Número de accesiones	Promedio	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
05 Chile	01 Norte	1	59.20	-	59.20	59.20
	03 Sur	14	20.54	7.17	9.80	35.40
06 Argentina	01 Norte	15	52.68	24.52	18.20	110.80
07 México	02 Centro	2	67.42	50.32	31.84	103.00
08	(en blanco)	2	40.15	21.43	25.00	55.30
09	(en blanco)	2	24.85	14.35	14.70	35.00
10	(en blanco)	2	20.55	2.19	19.00	22.10
11	(en blanco)	42	33.16	22.15	5.20	96.60
No identificado	(en blanco)	11	44.05	13.90	23.00	65.00
Total		**2745**	**55.39**	**41.59**	**0.20**	**438.80**

Conclusión

- La información facilitada por PROINPA (base de datos en Microsoft Excel) expresa un esfuerzo técnico ponderable por varias gestiones efectuadas por el IBTA, SINERGEAA y PROINPA así mismo muestra en forma general la riqueza y variabilidad fenotípica de las accesiones de quinua.
- La propuesta de la base de datos a través del flujo permitirá a los curadores obtener información (estadística descriptiva) que le permita tomar decisiones de acciones o actividades inherentes a la conservación y manejo del recurso genético de la quinua en el INIAF e instituciones involucradas.

Referencias citadas

CIP, AVRDC, IBPGR. 1991. Descriptors for sweet potato. Huaman, Z., Editor. International Board for Plant Genetic Resources, Rome, Italy.

Consejo Internacional de Recursos Fitogeneticos (CIRF/IBPGR). 1981. Descriptores de quinua. Programa DEL CIRF en America Latina. Roma.

Engels, J.M.M. y Visser, L. (eds.). 2007. Guía para el manejo eficaz de un banco de germoplasma. Manuales para Bancos de Germoplasma No. 6. Bioversity International, Roma, Italia.

INIAF. 2010. Plan Estratégico Institucional 2011-2015. Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal. Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras. Estado Plurinacional de Bolivia. La Paz, Bolivia. pp 38-39.

INIAF. 2012. Recursos genéticos de la agrobiodiversidad Toralapa. Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal INIAF-MDRyT. Presentación PowerPoint. 49 p.

Painting, K.A., Perry M.C., Denning, R.A. y Ayad, W.G. 1993. Guía para la Documentación de Recursos Genéticos. Traducida por Adriana Alercia. Consejo Internacional de Recursos Fitogenéticos IBPGR, Roma. p 310.

Rao, N.K., J. Hanson, M.E. Dulloo, K. Ghosh, D. Novell y M. Larinde. 2007. Manual para el manejo de semillas en bancos de germoplasma. Manuales para Bancos de Germoplasma No. 8. Bioversity International, Roma, Italia.

SAS Institute Inc. 2013. Documentation Guide Stat 9.2. www.sas.com

Steel y Torrie, 1992. Bioestadística: principios y procedimientos. McGraw-Hill. México.

Taba, S., M. van Ginkel, D. Hoisington, and D. Poland. 2004. Wellhausen-Anderson Plant Genetic Resources Center: Operations Manual, 2004. El Batan, Mexico: CIMMYT.



Sistemas de Producción

Efecto de las rocas en la curva de retención de agua del suelo y en un modelo de productividad de agua del cultivo

Alfredo Veizaga[1] *; Sam Geerts*[2].

E-mail: alfredoronaldo@yahoo.es

Resumen

El área de estudio fue en el altiplano sur (Irpani a 19 ° 37 ' LS, 67 ° 43' LO y 3700 msnm), uno de los lugares más áridos en Bolivia, con muchas limitaciones climáticas la precipitación media es 200 mm anual con una gran variabilidad interanual. Es la zona de mayor producción de quinua a nivel mundial, por lo que es importante para la economía local. En el área se recogieron muestras de suelo para determinar su textura, su contenido de grava y clasificar los fragmentos de roca volcánica (FRV), en cuatro clases según su tamaño, después en laboratorio se determinó la curva de retención de agua de las muestras compuestas por 15 y 30 vol % de FRV mezclado con diferentes texturas del suelo. Luego el modelo AquaCrop se utilizó para probar su sensibilidad a la presencia de FRV en el suelo, con parámetros calibrados de quinua, datos climáticos históricos de Geerts ***et al***. (2006), bajo secano y baja fertilidad. Dependiendo de la densidad y el contenido de FRV el rendimiento no cambió mucho, para suelos franco limosos con 15 % de FRV bajo condiciones de altiplano boliviano, pero como el contenido del FRV incremento a 30 vol %, la reducción de rendimiento simulado se convirtió en importante. Debido a que las FRV retienen agua a punto de marchitez permanente, reduciendo el agua disponible en el suelo para la quinua. El contenido de FRV en suelos arenosos de Irpani oscila de 12 a 30% entre 0 y 60 cm de profundidad. Concluyéndose, basado en la simulación que el rendimiento de grano pueden estar sobrestimado por alrededor del 6 %, si el efecto de las rocas volcánicas sobre la curva de retención de agua no se tiene en cuenta en AquaCrop.

Palabras claves: Curva de retención de humedad; rocas volcánicas; modelización de productividad agua en cultivos; quinua; suelo-roca volcánica.

1 Tesis de maestria en IUPWARE (Programa Interuniversitario en Ingenieria de Recursos Hídricos Universidad Catolica de Lovaina y VUB), VIVPROJAR.

2 Asesor de tesis, Investigador en Aquafin – Belgica.

Introducción

El sur del Altiplano boliviano es uno de los lugares más áridos en Bolivia. Tiene características especiales, tales como la sequía, la salinidad, heladas y granizo como se ha mencionado por muchos investigadores (Jacobsen y Mujica, 1999; García, 2003; Geerts et al, 2008a). A pesar de estas difíciles condiciones la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) se está produciendo como el cultivo más importante. El sur del Altiplano boliviano es el área principal de producción de quinua en el mundo entero. Por lo tanto, es importante para la economía local. Los suelos de esta región están entre arenoso a areno arcillosos y con un contenido importante de rocas volcánicas.

La zona de producción de la quinua en el Altiplano sur boliviano cubre parte de los departamentos de Potosí y Oruro, con una superficie total aproximada de 37.200 km ^{2} (Figura 1a). En esta zona las rocas volcánicas se distribuyen en el suelo (du Bray *et al*., 1995), ya que esta zona cuenta con importante concentración de volcanes que estuvieron activos en el pasado. Según Risacher y Ritz (1991) durante el Plio-Cuaternario del oeste y el sur del Altiplano fueron de hecho fuertemente afectada por una intensa actividad volcánica. Estas rocas volcánicas son llamados localmente como pomes (rocas ígneas extrusivas). Tienen una característica específica, su porosidad, lo que puede influir en la capacidad de retención de agua de los suelos en el sur de Bolivia Altiplano y en otros lugares del mundo. Sin embargo, la cantidad de agua que las rocas volcánicas pueden retener en sus poros es a menudo desconocida. Es por ello que esta investigación pretende determinar el efecto de las rocas volcánicas en la capacidad de retención de agua del suelo mezclado con piedras.

En la primera parte de la investigación, rocas volcánicas fueron divididos en cuatro clases según su tamaño, que se mezclaron con el suelo de diferentes texturas con el fin de determinar la curva de retención de agua en el laboratorio. En un siguiente paso este estudio se centra en el modelado de la productividad del agua para quinua.

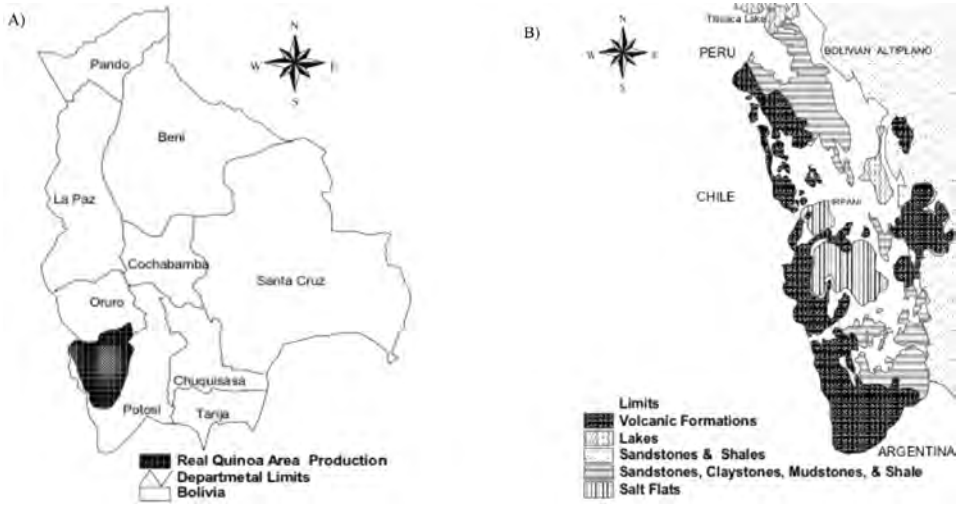


Figura 1.
(a) Mapa de Bolivia que muestra las zonas de producción de la quinua en el Altiplano sur de Bolivia y (b) Mapa Geológico del Altiplano boliviano que muestra las zonas de formaciones volcánicas (Fuente: adaptado de Risacher y Ritz, 1991).

El modelado es importante, por muchas ventajas como el ahorro de tiempo, dinero, se puede analizar el efecto conjunto de las diferentes respuestas de los cultivos al estrés hídrico, o para analizar los escenarios futuros basados en el conocimiento validado. La Figura 1 b, muestra las formaciones volcánicas en el área de estudio, que coincide con la zona de producción de la quinua.

Objetivo

- Investigar el efecto de las rocas volcánicas de la capacidad de retención de agua de los suelos arenosos en el altiplano boliviano y las consecuencias para la productividad del agua para cultivo de quinua modelado.

Materiales y métodos

Muestras de suelo para colectar fragmentos de roca volcánica y determinar el contenido de grava del suelo

Durante la temporada agrícola de 2004-2005, 10 muestras de suelo se recogieron de una profundidad de entre 0 y 30 cm, cada muestra de suelo tenía un peso de alrededor de 3 kilos y se tamizaron para separar las partículas mayores de 2,0 mm con un dispositivo automático en cuatro clases según su tamaño (Cuadro 1). Se eligieron estas cuatro clases, porque solo tamices de estos tamaños estaban disponibles en el laboratorio

(IRD-CLIFA laboratorio - Viacha, Bolivia). Las rocas volcánicas de estas muestras se utilizaron para la determinación de la curva de retención de agua de las mezclas suelo-roca.

Cuadro 1.
Clasificación de los fragmentos de roca volcánica (FRV) de acuerdo al tamaño.

Clase	Diámetro (mm)
Clase 1	2,0-3,15
Clase 2	3,15-4,5
Clase 3	4,5-8,0
Clase 4	> 8,0

Para conocer el contenido de grava de los suelos, durante el ciclo agrícola 2005-2006, 12 muestras de suelo se obtuvieron de 0-20 cm, 20-40 cm y 40-60 cm de profundidad por el proyecto "Red Quinua" en Irpani de campos dedicados al cultivo de la quinua. Estas muestras fueron enviadas para ser analizados en IBTEN ("Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear").

Procedimiento de laboratorio para determinar la curva de retención de agua del suelo

Todas las mediciones se realizaron en el Laboratorio de Manejo de Suelos y Agua del geo-instituto, de la Universidad Católica de Lovaina (Departamento de Tierra y Ciencias Ambientales).

El volumen de las rocas se calculó basándose en el principio de Arquímedes, para cada clase de tamaño de fragmento de roca volcánica. Debido a la porosidad de las rocas volcánicas se empaparon 72 horas antes de medir su volumen. El principio de Arquímedes afirma que el volumen de fluido desplazado es igual al volumen de la parte del objeto sumergido. Se utilizaron tubos de 50 cc, 100 cc y 200 cc de volumen, balanzas de 0,1 y 0,001 de precisión, y mufla.

El procedimiento para la determinación de la curva de retención de humedad se realizó para las siguientes combinaciones entre rocas volcánicas y suelo (Cuadro 2). Los números de muestras en blanco (suelos puro sin mezclar) fueron 5. La textura del suelo utilizado en los experimentos se determinó con un equipo denominado Beckman Coulter LS 13 320.

Cuadro 2.
Mezclas para determinar la curva de retención de humedad, en el experimento 1 y 2 se tomaron 15 y 30% en volumen de cada clase de VRF mezclado con Sibelite ® M002, y en el experimento 3 15% en volumen de cada clase de VRF mezclado con un suelo arenoso.

Experimento	Fragmentos de Roca volcánica (VRF)	Muestras N	VRF (vol%) (m ± s e)*	Textura de suelo y origen
1	Class 1	10	17.0 ± 1.0	Franco limoso (Sibelite® M002) SIBELCO
	Class 2	10	14.0 ± 1.0	
	Class 3	10	14.0 ± 1.0	
	Class 4	7	17.0 ± 4.0	
2	Class 1	5	31.0 ± 2.0	
	Class 2	5	30.0 ± 2.0	
	Class 3	5	29.0 ± 2.0	
	Class 4	5	25.0 ± 2.0	
3	Class 1	4	15.0 ± 0.4	Arenoso Mol
	Class 2	4	15.0 ± 0.4	
	Class 3	4	15.0 ± 1.0	
	Class 4	4	16.0 ± 1.0	

* m= media, se= desvio estandar

Con el fin de cuantificar la curva de retención de humedad para los puntos correspondientes a pF 0 hasta 2, se utilizó un dispositivo que se llama caja de arena (Figura 2). En los anillos fijamos un trozo de tela en la parte inferior de la muestra con una banda elástica, y llenamos las muestras de mezcla de fragmentos de rocas volcánicas y el suelo, con repeticiones para cada clase. También se añadieron las muestras con tierra pura para determinar el WRC de los suelos sin piedras (muestras en blanco). Después del llenado de los anillos de Kopecky, que se saturaron durante 3 a 7 días de acuerdo a la textura del suelo. El regulador de aspiración se deslizó hasta 0 cm (0 pF) y se dejó durante una semana. Después de una semana los anillos se tomaron cuidadosamente del dispositivo y se pesaron (equilibrio con 0,01 g de precisión). El mismo procedimiento se siguió para los puntos de pF 0,5 (3,2 cm), 1,0 (10 cm), 1,5 (32 cm) y 1,8 (63 cm) hasta alcanzar el pF 2.0 (100 cm).

Para la medición de los puntos desde 2,3 pF hasta 2,8 se utilizó un dispositivo llamado cámara de baja presión (Figura 3), junto con las placas de cerámica de 1 bar. Las placas de cerámica se sumergieron durante un período de tres días antes de su uso. Posteriormente, las muestras de suelo que vinieron desde el punto anterior (caja de arena) se colocaron en las placas de cerámica con una capa de tierra y se introdujeron dentro de la cámara de presión, a una presión constante de 0,2 bar durante una semana. Después de ese tiempo, se pesaron las muestras. El mismo proceso fue realizado para el punto 2,8 pF (0,62 bar). Después las muestras se secó en estufa a 105 ° C durante 1 día con el fin de obtener el peso seco.

Con el fin de determinar la curva de retención de humedad para los puntos pF 3,4 y 4,2, las muestras se dividieron en dos partes para cada punto, respectivamente. Posteriormente, las muestras se empaparon durante 3 a 7 días, dependiendo de la textura del suelo, asi como las placas de cerámica de 15 bar. Las muestras se llenaron en anillos especialmente fabricados (anillos de PVC con un diámetro de 7,1 cm y 2,6 cm de altura). Estos anillos de muestra especiales se crearon para limitar la altura de la muestra para el caso de las mezclas (suelo y fragmento de roca volcánica), para el suelo puro se utilizaron anillos normales. A continuación, las muestras se colocaron en la placa de cerámica, y se introdujeron en la cámara de presión a presión constante durante 7 días (Figura 4).



Figura 2.
Caja de Arena.



Figura 3.
Cámara de baja presión.



Figura 4.
Cámara de alta presion y anillos especiales.

Después de 7 días en la cámara de presión a 2,5 bar. Las muestras se pesaron y se colocaron en el horno a 105°C durante 1 día para determinar el peso seco. El mismo procedimiento se llevó a cabo para determinar el contenido de agua del pF 4,2.

Modelación con Aqua-Crop

Para el desarrollo del modelado se utilizó AquaCrop -versión 3.0 (Steduto et al, 2009; Raes et al, 2009a; Raes et al, 2009b). 18 años fueron simulados, primero para el suelo arenoso local, sin tomar en cuenta los fragmentos de roca volcánica, después para los resultados obtenidos en el laboratorio, para comprobar si el VRF tienen un efecto importante en la simulación del rendimiento final de la quinua, debido a que la posición de fragmentos de roca en el suelo puede tener gran influencia en el drenaje interno y retención de agua (Pérez, 1998).

Alimentación del modelo

Datos climáticos: la precipitación diaria histórica y la evapotranspiración mensual se obtuvo de la biblioteca agroclimática de Geerts et al. (2006). 18 años precipitación diaria históricos del Río Mulatos cerca a Irpani y la evapotranspiración mensual promedio 25 a 30 años (Cuadro 3). Dado que el efecto directo de la temperatura en el desarrollo quinua no se analizó en detalle, no se utilizó en el modelo.

Cuadro 3.
Precipitación de Rio Mulatos y temperaturas de Salinas de Garci Mendoza cerca a Irpani.

Temp.	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Anual
Tmin	-7.2	-6.0	-3.3	-1.5	0.7	2.8	3.8	3.1	2.9	-0.1	-5.7	-6.3	-1.7***
Tmax	13.4	16.1	15.7	19.5	15.3	19.7	20.7	20.3	16.1	15.9	14.8	13.1	7.8***
Tmean	3.6	5.4	6.6	9.3	8.0	11.0	12.1	11.5	9.3	8.0	4.9	3.8	16.7***
pp	0.0	3.4	6.8	2.9	5.0	33.8	111.9	99.6	61.7	4.2	1.8	0.9	331.99*

* Suma y *** Promedio

Datos de la cultivo: el modelo AquaCrop fue puesto en libertad con los parámetros de los cultivos de quinua ya calibrados en base a la calibración realizada por Geerts et al. (2009a). A partir de los parámetros ajustados, algunos parámetros de calendario fueron ajustados para el altiplano sur de Bolivia, ya que el ciclo de cultivo es de alrededor de 200 o más días (Risi, 2001; Geerts, 2008).

Datos de Manejo de cultivo: para ejecutar la simulación en el componente de gestión del modelo AquaCrop, el nivel de fertilidad del suelo se fijó en malas condiciones, debido a que la fertilidad del suelo en el altiplano sur de Bolivia es muy bajo, de acuerdo con Fleming y Galwey (1995), citado por Bosque et al. (2003) y Geerts *et al*. (2008b).

Datos de suelo: los datos de suelo que AquaCrop necesita, son el contenido volumétrico de agua a saturación, capacidad de campo, punto de marchitez permante y conductividad hidráulica saturada, que se pueden obtener de la base de datos de AquaCrop según la textura del suelo, o los usuarios pueden crear nuevos archivos con sus propios datos de laboratorio.

El contenido inicial de agua es un parámetro muy sensible (Geerts *et al*, 2009a.), y depende de la acumulación de agua en el suelo durante el año de barbecho anterior para condiciones de secano. Para ello análisis de frecuencia se llevó a cabo para los datos de las precipitaciones anuales con el programa RAINBOW (Raes *et al*, 2006.) para 18 años, según el procedimiento propuesto por Raes y Geerts (2008); las probabilidades de ocurrencia se agruparon en 3 clases: 20 % de probabilidad de ocurrencia (año humedo 378 mm), 50 % de probabilidad de ocurrencia (230 mm año normal), 80% de probabilidad de ocurrencia (132 mm año seco). Cuando las precipitaciones anuales de años anteriores estaban por encima de la precipitación normal de 230 mm, la humedad inicial de agua del suelo se fijó en el 60% del agua total disponible (TAW), pero si era menor, se fijó en 50% del TAW.

Análisis estadístico

Con el fin de comparar el contenido de agua a saturación, capacidad de campo y punto de marchitez permanete entre las combinaciones de cada clase de fragmento de roca volcánica y suelo. Se realizó ANOVA y la prueba de comparación múltiple de DUNCAN. Los análisis estadísticos se realizaron sobre la base del paquete estadístico SAS (SAS, 2007). Y los niveles de significación fueron $\alpha = 0{,}05$ %.

A fin de evaluar el efecto de los fragmentos de roca volcánica en el rendimiento del cultivo de quinua simulado, para muestras en blanco (suelo puro) y mezclas de suelo-VRF, se compararon estadísticamente mediante la prueba T de student (Willems, 2007) mediante SPSS.

Resultados y discusión

Muestras de suelo para determinar el contenido de grava

El análisis físico del suelo realizado en IBTEN se presenta en el Cuadro 4, en la cual el contenido de grava del suelo Irpani varía de 13,2 a 29,1% en masa de acuerdo con la profundidad.

Cuadro 4.
Clase textural y el contenido de grava en Irpani (media ± 1 desviación estándar).

Profundidad(cm)	Arcilla %	Limo %	Arena %	Grava %	Textura
0-20	16,3 ± 1,2	10,0 ± 4,6	73,7 ± 4,9	13,2 ± 1,3	Franco arenoso
20-40	17,3 ± 1,5	9,0 ± 6,6	73,7 ± 7,4	20,6 ± 15,5	Franco arenoso
40-60	17,0 ± 2,0	3,3 ± 2,5	79,7 ± 4,5	29,1 ± 6,6	Franco arenoso

La posición de la grava (fragmento de roca) en el suelo tiene gran influencia en el contenido de agua del suelo, ya que puede afectar el drenaje interno, retención de agua y la evaporación en el suelo (Pérez, 1998).

Curva de retencion de humedad de mezclas de roca volcánica y suelo

La Figura 5 muestra la curva de retención de humedad de un suelo puro de textura franco limosa y mezclas del mismo con 15 y 30 % de fragmentos de roca volcánica, en la misma se puede observar que a medida que incrementa el contenido de fragmentos de roca volcánica de 15 a 30% el contenido de agua a un pF de 4.2 (punto de marchitez permanente) incrementa, es decir que las rocas volcánicas retienen agua en su estructura, probablemete debido a su alto contenido de microporos.

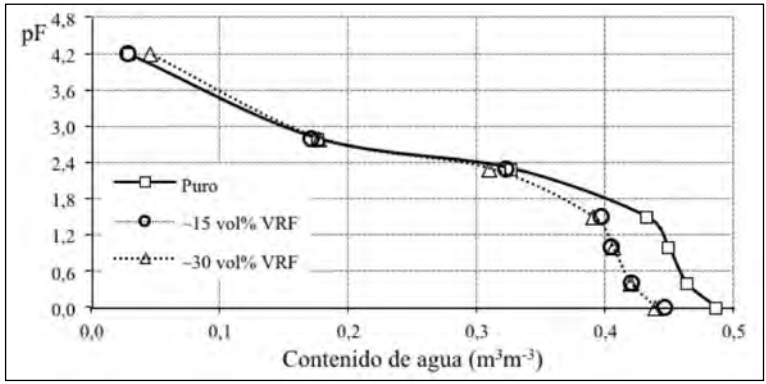


Figura 5.

Curva de retención de humedad de suelo puro de texturta franco limosa (□) y promedio de las mezclas del suelo de texturta franco limosa mezclado con 15% (O) y 30 % (Δ) de FRV de cuatro tamaños.

El Cuadro 5, muestra el análisis de varianza para el experimento 3, en el cual se compararon el suelo arenoso puro y las mezclas de arena en un volumen de 15% de cuatro diferentes clases de tamaño de fragmentos de roca volcánica, en la misma se aprecia que el suelo arenoso mezclado con diferentes tamaños de fragmentos de roca volcánica, estadísticamente retiene mayor cantidad de agua a capacidad de campo y punto de marchitez permanente en relación a un suelo arenoso puro. En cambio el suelo arenoso puro presenta mayor cantidad a saturación, esto se debe probablemente a que existe un espacios entre la roca y el suelo que hace que el agua drene con mayor facilidad a bajos potenciales de retención o saturación (Pérez, 1998).

Cuadro 5.

Comparación del contenido volumétrico de agua a saturación (θSAT), capacidad de campo (θFC) y punto de marchitez permanente (θPWP) entre mezclas de suelo arenoso -VRF y suelo arenoso puro. Letras diferentes significan diferencias estadísticas (α=0.05), N (repeticiones). (Media ± 1 desviación estandar).

	VRF (vol%)	N	θ_{SAT} ($m^3\ m^{-3}$)	N	θ_{FC} ($m^3\ m^{-3}$)	N	θ_{PWP} ($m^3\ m^{-3}$)
Suelo arenoso (s)	0	4	0.38 ± 0.00 a	4	0.07 ± 0.00 b	5	0.006 ± 0.00 a
Mezcla S-VRF (clase 1)	15	4	0.37 ± 0.00 a b	4	0.09 ± 0.01 a	3	0.029 ± 0.00 b
Mezcla S-VRF (clase 2)	15	4	0.36 ± 0.00 b	4	0.10 ± 0.01 a	3	0.029 ± 0.00 b
Mezcla S-VRF (clase 3)	15	4	0.36 ± 0.02 b	4	0.09 ± 0.02 a	3	0.030 ± 0.00 b
Mezcla S-VRF (clase 4)	16	4	0.38 ± 0.02 a b	4	0.10 ± 0.03 a	3	0.041 ± 0.00 b

Suelo arenoso:99.5 % arena, 0.2 % limo y 0.3 % arcilla textura.

Modelación mediante AquaCrop

Simulación para suelo arenoso local de Irpani

El rendimiento de grano simulado por el modelo AquaCrop en promedio para 18 años es de 0.95 ± 0.81 Mg ha-1, el mismo es bastante realista, dado que en el Altiplano boliviano, con escasas lluvias, tierras marginales y sin fertilización, el rendimiento medio no exceda de 1 Mg ha-1 (Mujica *et al*., 2001).

Efecto de los fragmentos de roca volcanica en el rendimiento simulado de quinua

La Figura 6 presenta los resultados del análisis de sensibilidad para el rendimiento simulado de quinua mediante el modelo AquaCrop para 18 años y para los datos de suelos del experimento 1, en el mismo se observa que el suelo sin considerar las rocas es de 1,39 Mg Ha-1, según la prueba de T no existe diferencias con el rendimiento simulado para el suelo mezclado con 15% de rocas volcánicas que es 1,34 Mg Ha-1, sin embargo exiten diferencias significativas con el rendimiento simulados obtendido para el suelo mezclado con 30% de fragmentos de roca volcánica que es 1,27 Mg Ha-1.

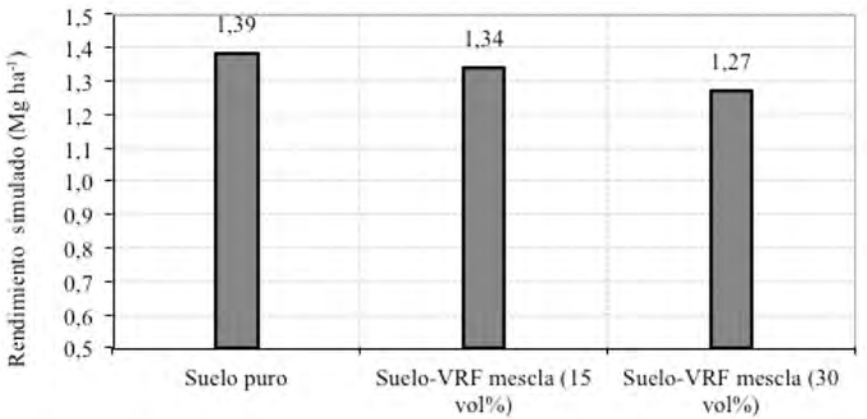


Figura 6.
Efecto de las rocas volcánicas en el rendimiento simulado de quinua (promedio de 18 años).

El contenido de rocas volcánicas en los suelos del altiplano sur varia de 15 al 30% en base al análisis de suelos, por otra parte en base a los resultados del laboratorio y simulaciones podemos indicar que si el contenido de grava en el suelo no se considera en las simulaciones en AquaCrop, el rendimiento puede ser sobrestimado en 6%, esto se debe principalmente al hecho de que las rocas volcánicas retienen mayor cantidad de agua en sus microporos a un succión de 15 atmosferas, probablemente el cultivo de quinua a desarrollado mecánismos que permiten a sus raíces extraer el agua de las rocas volcánicas a punto de marchitez permante, para conocer ello es necesario realizar

ensayos en quinua para conocer sus rendmientos en suelos con y sin rocas volcánicas, tomando en cuenta la evolución de la humedad del suelo, y variables de respuesta ecofisiológicas.

Conclusiones y recomendaciones

- El tamaño de roca volcánica no afectó fuertemente la capacidad de retención de agua en el suelo, pero la cantidad de fragmento de roca volcánica si afecto la curva de retención de humedad del suelo, específicamente a punto de marchitez permanente.
- El contenido de roca volcánica en los suelos de Irpani varió desde 12 hasta 29% en masa, si no se tiene en cuenta el efecto de las rocas volcánicas de la capacidad de retención de agua del suelo en AquaCrop, el rendimiento final puede ser sobre estimado en un 6%.
- Regresiones múltiples deben llevarse a cabo, con el fin de investigar cual de las características físicas del suelo afectan altamente la curva de retención de agua en el suelo que contiene rocas porosas, con el fin de derivar funciones de pedotransferencia específicos.
- Realizar ensayos de quinua en suelos con y sin rocas volcánicas para corroborar o refutar los resultados de esta investigación respecto al efecto de las rocas volcánicas en el rendimiento simulado de quinua, tomado en cuenta el comportamiento ecofisiológico del cultivo.

Referencias citadas

Bosque, H., Lemeur, R., Van Damme, P., Jacobsen, S.-E., 2003. Ecophysiological analysis of drought and salinity of quinoa (Chenopodium quinoa Willd.). Food Reviews International 19, 111-119.

du Bray, E. A., Ludignton, E., Brooks, E. W., Gamble, B. M., Ratté, J. C., Richter, D. H., Soria-Escalante, E., 1995. Compositional characteristics of middle to upper tertiary volcanic rocks of the Bolivian Altiplano. U. S. Geological Survey Bulletin; 2119, 30 p.

Garcia, M., 2003. Agroclimatic study and drought resistance analysis of quinoa for an irrigation requirements in the Bolivian Altiplano. PhD dissertation. Dissertations of Agriculture n° 556. Falculty of Agriculture and Applied Biol. Sciences. K. U. Leuven, Belgium. 184 p.

Geerts, S., Raes, D., Garcia, M., Del Castillo, C., Buytaert, W., 2006. Agro-climatic suitability mapping for crop production in the Bolivian Altiplano: A case study for quinoa, Agr. Forest Meteorol. 139, 399-412.

Geerts, S., 2008. Deficit irrigation via crop water productivity modelling: Field research in Bolivian Altiplano. Ph.D. Dissertation. Dissertationes de Agricultura No. 814. Faculty of Agriculture and Applied Biological Sciences, K.U. Leuven, Belgium.

Geerts, S., Raes, D., Garcia, M., Vacher, J., Mamani, R., Mendoza, J., Huanca, R., Morales, B., Miranda, R., Cusicanqui, J., Taboada, C., 2008a. Introducing deficit irrigation to stabilize yields of quinoa (Chenopodium quinoa Willd.). Eur. J. Agron. 28, 427-436.

Geerts, S., Raes, D., Garcia, M., Miranda, R., Cusicanqui, J., Taboada, C., Mendoza, J., Huanca, R., Mamani, A., Condori, O., Mamani, J., Morales, B., Osco, V., Steduto, P., 2009a. Simulating yield response of quinoa to water availability with AquaCrop. Agron. J. 101, 499-508.

Jacobsen, S.-E., Mujica, A., 1999. Resistencia de la quinua a la sequía y otros factores abióticos adversos, y su mejoramiento. In: I Curso Internacional sobre: Fisiología de la resistencia a sequía en quinua (Chenopodium quinoa Willd.). Cip. Lima – Perú. pp. 71 – 78.

Pérez, F. L., 1998. Conservation of soil moisture by different stone covers on alpine slopes (Lassen California). Catena 33, 155-177.

Raes, D., Willems, P., GBaguidi, F., 2006. RAINBOW – a software package for analyzing data and testing the homogeneity of historical data sets. Proceedings of the 4th International Workshop on 'Sustainable management of marginal drylands'. Islamabad, Pakistan, 27-31 January 2006. Article in press.

Raes, D., Geerts, S., 2008. Irrigation design and management, Section Management, lecture notes. IUPWARE, K. U. Leuven – Vrije University Brussels, Belgium.

Raes, D., Steduto, P., Hsiao, T. C., Fereres., E. 2009a. AquaCrop version 3.0, reference manual. FAO. Rome, Italy. http://www.fao.org/nr/water/infores_databases_aquacrop.html. Acceded February 2009.

Raes, D., Steduto, P., Hsiao, T. C., Fereres, E. 2009b. AquaCrop –The FAO crop model to simulate yield response to water: II. Main algorithms and software description. Agron. J. 101,438-447.

Risacher, F., Ritz, B., 1991. Geochemistry of Bolivian salars, Lipez, southern Altiplano: Origin of solutes and brine evolution. Geochim. and Cosmochim. 55, 687-705.

Risi, J., 2001. Producción de quinua en el Altiplano sur de Bolivia. In: Izquierdo, J., Mujica, A., Jacobsen, S.-E., Marathee, J. P., Morón, C. (Eds.). Primer taller interinstitucional sobre quinua, características de la quinua y manejo del cultivo. Cultivos andinos. CD versión 1.0. FAO, Santiago, Chile.

SAS Institute Inc., 2007. SAS/Stat. Software: changes and enhancements through release 9. 2. Cary, NC, USA.

Steduto, P., Hsiao, T. C., Raes, D., Fereres, E., 2009. AquaCrop - the FAO crop model to simulate yield response to water: I. Concepts and underlying principles. Agron. J. 101, 426 -437.

Willems, P., 2007. Statistics for water engineering, lecture notes. IUPWARE, K. U. Leuven Univerisity – Vrije University Brussels, B

Mejoramiento del suelo y aprovechamiento del espacio a través de cultivos asociados con quinua

Victor Zenteno; Noemi Stadler-Kaulich; Diego Barreiro; Johannes Brunner.

Red ECOSAF.

E-mail: benjamin.barreiro@giz.de

Resumen

Con la presente investigación, que enfoca el concepto de asociaciones, se han buscado alternativas a la producción del grano de quinua y la horticultura, siguiendo los pasos del sistema agroecológico, que busca la sostenibilidad de la producción a través de la fertilidad del suelo y el apoyo mutuo entre las especies. Durante cinco años consecutivos se experimentó en el Altiplano de Oruro con la asociación de seis especies en una misma parcela.

Palabras claves: Quinua; cultivos asociados; fertilidad del suelo.

Introducción

En Bolivia, desde la época de la colonia la agricultura ha tenido mayor repercusión en su explotación bajo el sistema convencional, enfocando la producción en monocultivos que hacen necesario el uso de agroquímicos. Este hecho fue acentuado por la Revolución Verde en la década de los años sesenta. La producción agrícola convencional es extractiva, con la consecuencia que tanto en el altiplano como en los valles interandinos los suelos se encuentran erosionados y en proceso de desertificación.

En el Altiplano de Bolivia actualmente se puede observar el fenómeno de la agricultura intensiva, enfocada a la producción de quinua. La consecuencia es la disminución de la productividad debido a un cansancio progresivo del suelo, dado que el monocultivo desgasta el suelo parcialmente.

La asociación de cultivos es una de las técnicas ancestrales de proteger la fertilidad del suelo. Este método de producción se ha ido olvidando por causa de la Revolución

Verde. Además, el cambio climático caracterizado por eventos de sequía, temperaturas extremas, vientos fuertes y granizadas agrava la situación de la producción de quinua, que actualmente tiene mucha demanda en el mercado nacional e internacional. Asimismo, afirma Orsag *et al* (2011), *considerando que gran parte de la economía de los pobladores gira alrededor de la producción de este cultivo estrella es muy riesgoso apostar sólo a la quinua.*

Con la presente investigación que enfoca la asociación de cultivos junto a la producción de quinua, se está demostrando la posibilidad de producir mayor diversidad y optimizar el aprovechamiento de los recursos suelo y agua en un mismo espacio.

Objetivo general

- Experimentar alternativas de producción por asociación de especies en el altiplano central de Bolivia.

Objetivos específicos

- Obtener más de dos cosechas/año y mejorar el rendimiento/año en una misma unidad de superficie.
- Buscar alternativas en los períodos de siembra de los diferentes cultivos para lograr la adaptación al cambio climático.
- Disminuir el ataque de plagas y de enfermedades fitopatógenas con la asociación de cultivos en una unidad de superficie.
- Mejorar la fertilidad del suelo, su estructura y su capacidad de almacenar humedad.
- Optimizar el aprovechamiento del recurso hídrico en el cultivo.
- Disminuir el uso extensivo de los suelos agrícolas.



El impacto del cambio climático en la agricultura

Foto 1.
Alternativas en la producción agrícola en el altiplano boliviano.

En el altiplano central de Bolivia, los impactos del cambio climático se hacen sentir a través de temperaturas extremas, temporadas más cortas de lluvia, incremento de heladas, mayor radiación solar y aumento de la temperatura desde el mes de agosto hasta diciembre. Estos acontecimientos llevan a una variación considerable de los períodos de siembra, obligando a investigar alternativas en la producción agrícola en el altiplano boliviano.

Materiales y métodos

Diseño de la producción anual

Se inició el trabajo en el año 2008 con la siembra de la asociación de quinua, papa, haba y cebada en una parcela de 15 m^2 de superficie como muestra el Cuadro 1. Anteriormente el suelo en está parcela nunca se había cultivado. Solamente se encontraban especies nativas como: paja brava (*Festuca ortophila*), thola (*Parastrephia lepidophila*), paja amarilla (*Stipa ichu*), hanqui (*Pentandrias ssp*.), cebadilla criolla (*Bromus uniuloides*). El suelo es de textura arcillo-limosa.

Cuadro 1.

Plan de cultivos en los años de producción 2008/2009 y 2009/2010.

	Riego												
	Ene	**feb**	**Mar**		**abr**	**may**	**jun**	**jul**	**ago**	**sep**	**oct**	**nov**	**dic**
quinua			C							S			
papa	C									S			
haba			C	S						S			
cebada			C	S						S			

S: Siembra; **C:** Cosecha

Para la producción agrícola de 2010/2011 y 2011/2012, la misma parcela fue ampliada a 22 m^2 con la siembra de las mismas especies citadas anteriormente, aumentando la diversidad de especies con el ajo y el girasol. El motivo de implementar el ajo fue la optimización del aprovechamiento del espacio y del recurso agua. Además, el ajo emite por sus raíces sustancias que en el suelo actúan como repelente, protegiendo a los cultivos simultáneos y/o a los cultivos siguientes en la misma parcela de organismos patógenos. Alrededor de la parcela fue plantado girasol como cerco vivo y para aumentar la materia orgánica en el suelo a través de la poda de las hojas durante del desarrollo de esta especie, y del corte y la descomposición de su tallo posterior a la cosecha de las semillas (Cuadro 2).

Cabe indicar, que todo el rastrojo de la producción en la parcela se quedó en la misma para su descomposición con el fin de aumentar la materia orgánica en el suelo.

Cuadro 2.
Plan de cultivos en los años de producción 2010/2011 y 2011/2012.

	Riego											
	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
quinua			C						S			
ajo			S							C		
papa	C								S			
haba			C S						S			
cebada			C S						S			
girasol			C						S			

S: Siembra; C: Cosecha

Descripción de los dos cultivos principales: quinua y ajo

Siembra de Ajo

La novedad es la siembra de ajo en el mes de marzo. Esta especie fue sembrada en marzo de 2011 en la misma parcela, donde anteriormente habían sido cosechados los cultivos de quinua, papa, haba, cebada y girasol del entorno. El ajo es exigente en humedad solamente durante los primeros meses de su desarrollo, razón por la cual se puede aprovechar el recurso hídrico en forma de las últimas lluvias y el agua de pozo, que desde el mes de marzo hasta el mes de agosto en la zona de producción tiene bastante caudal. Además el ajo es resistente a las heladas, mientras que necesita temperaturas altas para la formación de bulbos y dientes. De este modo el cultivo está acompañado por bajas temperaturas durante los meses de junio y julio, las que suben considerablemente desde el mes de agosto hasta el mes de octubre, cuando se realiza la cosecha del ajo.

Con el cultivo del ajo en esta época se permite aprovechar la parcela a través de una cosecha adicional. Aunque el ajo es considerado una especie esquilmante del suelo, los datos sobre la cantidad de cosecha indican que a través de la diversificación de cultivos en la misma parcela no se observa el agotamiento del suelo. Se estima que el haba como leguminosa aporta en la nitrificación del suelo y las otras especies aportan materia orgánica por medio de sus residuos que quedan en la parcela. Además, el ajo por sus exudaciones actúa como fungicida, bactericida y nematicida, comportándose como un plaguicida natural que apoya la salud vegetal en la parcela.

De acuerdo a los lugares de siembra, el ajo tiene un ciclo vegetativo de entre 120 hasta más que 200 días. En este ensayo se ha logrado la cosecha en 229 días, utilizando la variedad rosada de Todos Santos.

En la campaña agrícola del año 2011 se utilizaron 900 kg/ha que fueron sembrados a una distancia de 10 cm entre plantas y 25 cm entre surcos, logrando una germinación a los 30 días de 95% y una cosecha de 2.727 kg/ha. La siembra del año 2012 fue realizada

con 2.000 kg/ha de semilla, sembrando a una distancia de 5 cm entre plantas y 20 cm entre surcos, logrando una germinación a los 15 días de 90% y una cosecha de 5.227 kg/ha.

Siembra de quinua

La quinua boliviana ha ido conquistando los mercados internacionales, hecho que está causando la expansión de su producción en el altiplano de Bolivia. El ciclo vegetativo de la quinua es de 180 días como promedio, dependiendo de las ecoregiones. En el presente ensayo fue practicada la siembra en el mes de septiembre para cosechar el grano en el mes de marzo, con un ciclo de producción de 176 días.

La siembra se hizo en hoyos utilizándose 4,5 kg de semilla por hectárea. En cada hoyo se depositaron 30 – 50 semillas a una distancia entre surcos de 80 cm y entre plantas de 40 cm, realizándose unos 31.250 hoyos por hectárea. El rendimiento de la producción de quinua en el presente ensayo fue de 1.886 kg/ha.

Resultados y discusión

Rendimientos

El Cuadro 3 y la Figura 1 (ver abajo) muestran el rendimiento obtenido durante los años del ensayo productivo. En el primer año la producción de quinua fue elevada. Se estima que se debe a que el suelo tenía bastante tiempo de descanso. A partir del segundo año el rendimiento de la quinua baja, pero se muestra estable, porque la caída de producción en el periodo agrícola 2011/2012 se debe a una granizada que afectó considerablemente las hojas de la quinua. El alto rendimiento de la papa en el segundo ciclo de producción se debe a la poda de la quinua, que en este año queda sólo con su rama principal. En el siguiente año el rendimiento de la papa baja otra vez por la incorporación de otro cultivo como el ajo.

Cuadro 3.
Rendimientos en kg / ha de la quinua y de los cultivos asociados.

Año de producción	2008/2009	2009/2010	2010/2011	2011/2012
Quinua	3000	1600	1600	1364
Ajo			2727	5227
Papa	4000	7727	1360	
Haba (seca)	¿?	¿?	909	
Haba (verde)				182 (MS)
Cebada (grano)	666	1136		
Cebada (verde)		3764 (MS)		

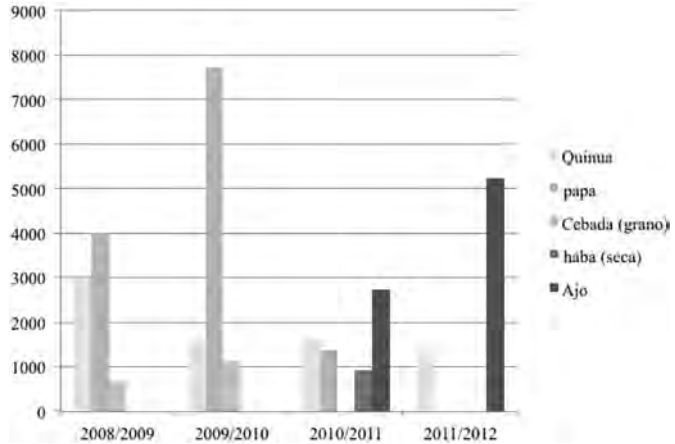


Figura 1.
Los rendimientos en kg / ha de la quinua y de los cultivos asociados

La baja producción de quinua en el año agrícola 2011/2012 se debe a una granizada en el mes de enero que causó mucha pérdida de hojas en este cultivo.

La influencia de los cultivos asociados

La diversificación de especies, formando cultivos asociados, es una práctica para mitigar el cansancio del suelo y reducir plagas y enfermedades en el cultivo. La meta consiste en lograr asociaciones que se apoyen mutuamente, alcanzando sinergias en su desarrollo. Para este fin es importante considerar el ciclo de vida, el tipo de consorcio y el estrato de todas las especies que intervengan durante la campaña agrícola.

Respecto al suelo, en los años de cultivo se ha logrado una mejora considerable, sobre todo a través de la incorporación de todos los residuos provenientes de los cultivos. Estos han aumentado el porcentaje de materia orgánica en el suelo, que durante los años del ensayo agrícola ha obtenido una coloración más oscura. Además es notable la fertilidad del suelo por la necesidad del riego: mientras que en el primer periodo de producción 2008/2009 había la necesidad de regar la parcela dos veces a la semana, en el último ciclo de producción 2011/2012 el riego solamente era necesario cada 15 días.

Conclusión

- La experiencia que se viene desarrollando es un aporte para la agroecología. Su replicabilidad es fácil y puede darse en el altiplano central de Bolivia siempre y cuando existe la posibilidad de riego desde el mes de marzo hasta el mes de agosto. Es un método de optimizar el aprovechamiento del suelo y al mismo tiempo lograr una mejora en su fertilidad, su estructura y su potencial de almacenar la humedad. En segundo lugar el ejemplo muestra que la investigación sobre

cultivos asociados sería importante para los suelos amenazados en el altiplano. Cómo indican Orsag *et al* (2011) la siembra de quinua en un sistema de monocultivo provoca *una pérdida acelerada de la fertilidad del suelo.* En este sentido sería importante también desarrollar un diseño de investigación de la produción de quinua con sistemas agroforestales a través de la implementación de arbustos nativos del altiplano.

Referencias citadas

Vladimir Orsag Céspedes *et al*. 2011. Evaluación de la fertilidad de los suelos en la zona intersalar. Producción sostenible de quinua. Fundación PIEB, La Paz.

David Villarroel León. 1997. Manejo de Plagas, Tomo I, Cochabamba – Bolivia.

http://www.valledelcauca.gov.co/publicaciones.php?id=12256 (descarga en fecha 13/12/2012)

http://amag.galeon.com/(descarga en fecha 14/01/2013)

Evaluación comparativa del rendimiento de la quinua, bajo siembra directa y trasplante en el inicio de la época lluviosa

Edgar Ticona[1]; Inocencio Bernal[2].

[1]Agricultor aficionado al cultivo de la quinua.

[2]Ingeniero agrónomo, Investigador independiente del cultivo de la quinua.

E-mail: ticonaedgar@hotmail.com

Resumen

En la gestión agrícola 2011-2012 se realizó la investigación con el objetivo de evaluar el comportamiento agronómico del cultivo de la quinua, así como la relación beneficio/costo, bajo siembra directa y trasplante en el inicio de la época lluviosa, en la comunidad de Santiago de Chuvica, del departamento de Potosí-Bolivia, ubicado a 3.686 msnm. Los tratamientos establecidos fueron: T0 (Testigo) Siembra directa en campo el 14-X-2011; T1 Siembra en almaciguera el 30-XI-2011 y trasplantado el 30-XII-2011; T2 Siembra en almaciguera el 15-XII-2011 y trasplantado el 12-I-2012; finalmente el tratamiento T3 Siembra en almaciguera el 30-XII-2011 y trasplantado el 20-I-2012. La comparación de resultados de los tratamientos fueron realizados mediante el análisis de varianza y Duncan al 5%, utilizando un diseño experimental de bloques completamente al azar con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones; para ello se tomaron 10 observaciones en forma aleatoria de las variables agronómicas. Los resultados encontrados en las características agronómicas de: altura de planta, longitud de panoja, diámetro de panoja, diámetro de tallo, diámetro de grano, peso de granos por planta, rendimiento en grano y peso de 1000 granos, demostraron que entre repeticiones no existe diferencia significativa, por el contrario entre tratamientos es altamente significativo, con excepción de la variable diámetro de granos que simplemente muestra diferencia significativa. Respecto al Rendimiento de la quinua en grano seco sobresale el tratamiento T1 con 1164,8 kg/ha, seguido del T0 (testigo) con 1063,8 kg/ha, aunque estadísticamente son similares; en cambio el tratamiento T2 tuvo un rendimiento de 869,3 kg/ha y finalmente el tratamiento T3 ha reportado un valor de 81,3 kg/ha. Desde el punto de vista económico reportó la mayor relación Beneficio/Costo, el tratamiento T0 (testigo-siembra directa realizada el 14 de octubre) con un valor de 2,65, seguido del tratamiento T1 labor realizada mediante trasplante, con 1,5.

Palabras claves: Evaluación; trasplante; siembra directa; rendimiento.

Introducción

La necesidad de tener alternativas tecnológicas para asegurar la producción de la quinua, surge ante el problema de las sequías frecuentes y de la escasa precipitación pluvial que habitualmente ocurre en todo el territorio del altiplano Sur de Bolivia, incidiendo negativamente sobre el rendimiento de la quinua y la producción agropecuaria.

En esta región del altiplano, se han realizado algunos ensayos, tales como: 1) Riego manual localizado de presiembra, 2) Riego de presiembra por surcos, 3) Riego por inundación, 4) Riego por goteo, 5) Riego por aspersión y microaspersión, 6) Trasplantes de quinua, 7) Aplicación de polímeros para la retención de agua en el suelo, 8) Siembra tardía con las primeras lluvias, 9) Sombreado de las plantas de quinua en la primera fase de su desarrollo, 10) Práctica de actos rituales para el llamado de la lluvia, 11) Riego localizado mediante microtubos, etc.

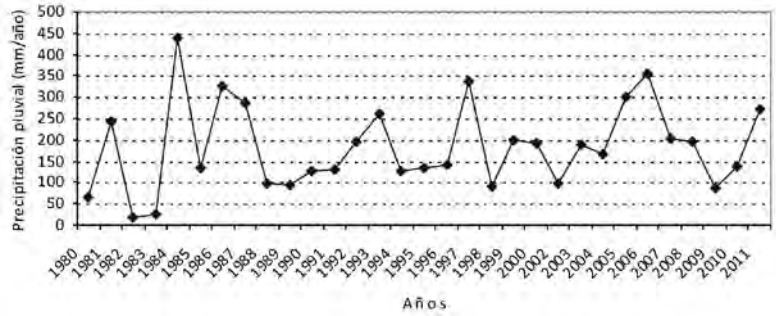
De todos estos trabajos o investigaciones realizadas con escaso apoyo técnico-financiero se han encontrado pocas alternativas viables para solucionar el problema. En todo caso el contenido de humedad en los suelos en el momento de la siembra es determinante para la producción de la quinua, constituyéndose en el principal problema para la disminución de los rendimientos a nivel de los productores de la quinua real.

Por lo anteriormente expresado se hace necesario realizar la investigación, con el objetivo de evaluar el comportamiento agronómico del cultivo de la quinua, así como la relación beneficio/costo, bajo siembra directa y trasplante en el inicio de la época lluviosa, a fin de incrementar el rendimiento de la misma.

Materiales y métodos

El ensayo fue establecido durante los meses de octubre de 2011 a mayo de 2012, en el lugar denominado Lagunita P´ujru, a 5 kilómetros de la comunidad de Santiago de Chuvica, políticamente corresponde al municipio de Colcha "K", provincia Nor Lípez del departamento de Potosí, geográficamente se encuentra entre, 20º52'23" de latitud Sur y 67º40'02" de longitud Oeste, con una altura de 3694 metros sobre el nivel del mar.

Según los registros de la estación meteorológica de Colcha "K", el comportamiento de la precipitación pluvial durante los últimos 30 años, tiene un promedio de 188,8 mm/año. Los promedios de las precipitaciones pluviales de los años 1986, 1997 y 2006 son superiores, en cambio durante los años 1981 al año 1983 se presentaron lluvias por debajo de los 50mm/año, asimismo los años1988, 1998 y 2009 se registraron precipitaciones inferiores a los 100mm/año (Figura 1).

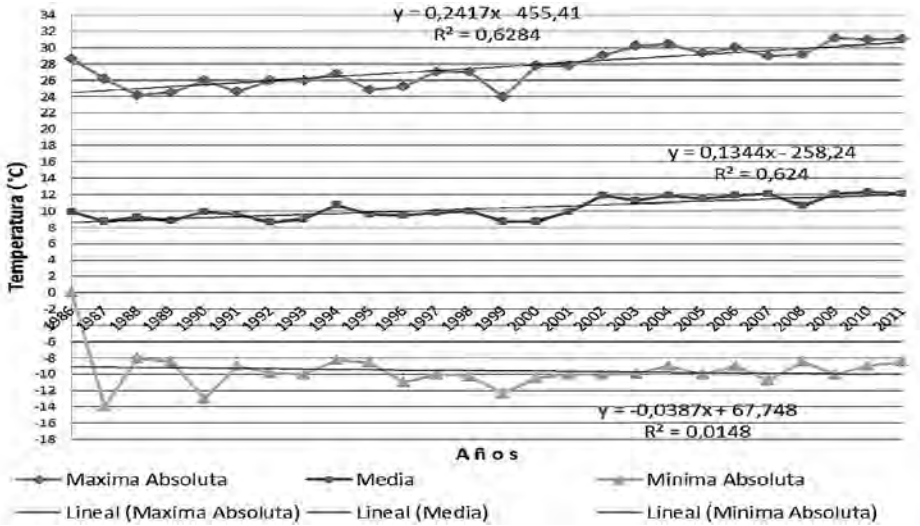


Fuente: Elaboración propia con datos de SENAMHI.

Figura 1.
Precipitación promedio anual (mm).

La precipitación pluvial total de la gestión 2011 registrados en la estación meteorológica de Colcha "K", es de 272,6 mm y la precipitación pluvial parcial (enero y febrero de la gestión 2012) es de 178,2 mm.

La temperatura anual, a partir del año 1986 al 2011 muestra las siguientes tendencias: La máxima absoluta anual muestra una tendencia positiva al realizar un análisis de regresión lineal, siendo la correlación fuerte (r = 0,79) esto evidencia que la temperatura varía 62,84% con el transcurrir de los años por efecto del calentamiento global. Los resultados encontrados demuestran año que pasa aumenta la temperatura máxima absoluta. En síntesis, haciendo referencia la ecuación lineal obtenida, podemos señalar que la temperatura incrementa en 0,2417 °C por cada año transcurrido. De la misma manera, la temperatura media anual va incrementando paulatinamente; siendo la correlación positiva y fuerte (r = 0,79), al efectuar un análisis de regresión lineal podemos señalar que la temperatura media anual aumenta en 0,1344°C por año transcurrido. En cambio el comportamiento de la temperatura mínima absoluta anual muestra una tendencia negativa, siendo la correlación negativa y débil (r = -0,38), los resultados encontrados mediante la ecuación lineal comprueban que cada año que pasa la temperatura mínima absoluta va disminuyendo en 0,0387°C (Figura 2).



Fuente: Elaboración propia con datos de SENAMHI.

Figura 2.
Temperaturas absolutas y media anual.

Manejo agronómico del cultivo durante la investigación

Semillero. Se preparó pequeñas macetas de plástico con una altura de 10 cm, de diámetro medio 4,5 cm y con un volumen de 160 cm^3, en un número de 480. El sustrato se preparó a base de suelo agrícola mezclado con estiércol de llama, la proporción de la misma fue de 50% referente al volumen total (suelo+abono), éstos elementos se mezclaron muy bien con la adición de agua en la cantidad suficiente hasta obtener el nivel de capacidad de campo; en esta condición se dejó el sustrato preparado tapando con una cubierta de plástico (nylon) durante 72 horas, ésta práctica se lo efectuó a fin de desinfectar el sustrato. Finalmente, a cada maceta se introdujo suelo preparado hasta el nivel de las 7/8 partes.

Almácigo. En cada maceta se sembró aproximadamente 20 semillas de quinua de la variedad Phisankalla, a una profundidad de 1,5 cm, inmediatamente se procedió al riego con agua limpia. La emergencia de las plántulas ocurrió entre los 3 hasta los 5 días después de la siembra, dejándose desarrollar y crecer las plántulas en los almacigueros, a lo largo de este tiempo las plantas estuvo expuesto a condiciones extremas de temperatura, cabe aclarar que no hubo ninguna protección para bajar la temperatura del día.

Riego del almácigo. En horas de la mañana se aplicó riego a los almácigos con una frecuencia de 2 a 3 días, hasta llegar a capacidad de campo, esta actividad se realizó hasta llevar a campo definitivo.

Trasplante. Durante las primeras lluvias de la temporada se efectuó la plantación en campo definitivo, realizando esta actividad a los 30 días (T1), 28 días (T2) y 21 días (T3) después del almácigo. Sin embargo antes de trasladar las macetas con plantas a la parcela, se regó abundantemente a fin de no dañar la parte radicular de la quinua. El marco de plantación fue de tres bolillo siendo de planta a planta 1.2metros y surco a surco 1,10 metros; la altura promedio de los platines fue de 14centímetros.

Siembra directa. Para efectos de comparación, en la misma parcela se procedió a la siembra habitual de la quinua empleando maquinaria agrícola, colocando la semilla de 12 a 15 cm de profundidad (14-X-2011) a una distancia de siembra entre plantas de 1,20 metros y entre surcos de 1,10 metros.

Diseño experimental

En el presente experimento se utilizó el diseño de bloques completamente al azar, con 4 repeticiones y tratamientos incluyendo el testigo (siembra directa), haciendo un total de 16 parcelas en todo el experimento. Cada unidad experimental tuvo un tratamiento con una superficie de 50 metros cuadrados cada una, haciendo una superficie total neta de 800 metros cuadrados; los tratamientos están distribuidos de la siguiente manera.

T0 = (Testigo) Siembra directa en campo el 14-X-2011
T1 = Siembra en almaciguera el 30-XI-2011 y trasplantado el 30-XII-2011
T2 = Siembra en almaciguera el 15-XII-2011 y trasplantado el 12-I-2012
T3 = Siembra en almaciguera el 30-XII-2011 y trasplantado el 20-I-2012

Resultados y discusión

Los resultados obtenidos de cada variable agronómica, fueron analizados a través de un análisis de varianza (ANVA) de un factor ($p<0,05$), con sus respectivos coeficientes de variación (C.V.), pruebas de comparación de rango múltiples de promedios (Duncan al 5% de probabilidad estadística).

Cuadro 1.
Promedios de sobrevivencia, humedad del suelo y ciclo vegetativo.

Tratamientos	VARIABLES		
	Sobrevivencia (%)	Humedad (%)	Ciclo vegetativo (días)
T0	29,7	5,93	185
T1	91,8	6,65	152
T2	92,2	6,43	137
T3	93,2	6,75	127

Sobrevivencia de plantas

Los tratamientos T1, T2 y T3 han sido trasplantadas en el campo, todas bajo el mismo procedimiento, podemos indicar que 48 horas antes al trasplante del primer grupo, la precipitación ha llegado a 15,7 milímetros, asimismo 72 horas antes del trasplante del segundo grupo la precipitación llegó a 15 milímetros, en cambio, para el tercer grupo no hubo presencia de lluvia antes del trasplante, al contrario hubo presencia de lluvia 48 horas después, en una cantidad de 1,5 milímetros; en cambio la temperatura ambiental media el día del trasplante para los tratamientos T1, T2 y T3 fueron 15,1°C; 15,1°C y 15°C, respectivamente. Al efectuar las comparaciones de medias bajo las condiciones señaladas, se concluye que el T3 tuvo un mayor porcentaje de sobrevivencia respecto a los tratamientos T2 y T3, en cambio el tratamiento T0 (testigo) sembrado bajo condiciones normales tuvo un porcentaje de sobrevivencia de 29,7 % (Cuadro 1).

Contenido de humedad del suelo

La humedad (Cuadro 1), en el momento del trasplante tuvo un promedio mínimo de 6,43% y un promedio máximo de 6,75%; en cambio el promedio de humedad del testigo (siembra directa efectuada el 14 de octubre de 2011 fue más bajo alcanzando solamente a 5,93%).

Efectuado el análisis de varianza del contenido de agua existente en el suelo en el momento de la siembra y el trasplante, se observa que no existen diferencias de una parcela a otra (entre repeticiones) esto se debe a que la precipitación pluvial ha caído uniformemente en toda la superficie del suelo; sin embargo entre tratamientos existe diferencia significativa debido a que el porcentaje de humedad del suelo ha sido menos que en el momento del trasplante. El coeficiente de variación calculada es del 5,8%. Estos resultados son corroborados por Mújica y Jacobsen (1999), en la que indican que la temperatura afecta la pérdida de humedad del suelo por evaporación y de las plantas por transpiración.

Evolución del crecimiento de las plantas

En la Figura 3, se presenta la evolución del crecimiento de plantas para los cuatro tratamientos, en la que se puede observar que todos los tratamientos en las primeras semanas tienen un comportamiento similar, asimismo podemos indicar que efectuado la gráfica del comportamiento durante el ciclo vegetativo, tiene la típica forma de "S" o sigmoide.

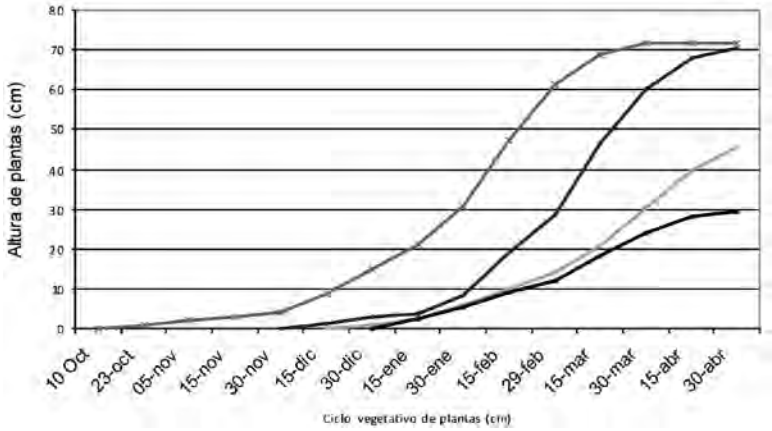


Figura 3.
Evolución del crecimiento de las plantas

Los tratamientos T0 y T1 son los que alcanzaron mayor tamaño en relación a los demás tratamientos T2 y T3; cabe señalar que el T0 ha sido sembrado con maquinaria el 14 de octubre del 2011, bajo la modalidad de una siembra directa a golpes; en cambio los tratamientos T1, T2 y T3 han sido almacigadas y posteriormente trasplantadas. La gráfica anterior "curva de crecimiento de las plantas", muestra un crecimiento normal del tratamiento T1, es decir hasta el 15 de diciembre el crecimiento es lento, sin embargo a partir de la primera lluvia las plantas incrementan su velocidad de crecimiento hasta el 15 de marzo. Los restantes tratamientos (plantas trasplantadas) tienen comportamientos similares en su crecimiento, sin embargo podemos señalar que luego del trasplante, éstas plantas durante la primera semana mostraron poco crecimiento, debido al cambio de condiciones ambientales y de suelo, una vez iniciado el desarrollo de las raíces de las plantas pues crecieron paulatinamente hasta alcanzar las alturas finales de 70,46 centímetros; 45,55 centímetros y 30,46 centímetros respectivamente (Figura 3).

El ciclo vegetativo del ecotipo "Phisankalla" es largo de 180 a 234 días (Patiño 2009), esta afirmación se confirma con la presente investigación, siendo 185 días el ciclo vegetativo del tratamiento T0, computado a partir de la fecha de siembra (14-10-2011) hasta la fase de la madurez fisiológica (15-04-2012), a partir de la última fecha de lectura no mostró incremento en su tamaño. Respecto a los tratamientos T1, T2 y T3, el ciclo vegetativo de los mismos es menor, siendo 152 días contados a partir de la fecha del almacigo (30-11-2011) hasta el 30-04-2012 fecha en la que se cosechó; la reducción del ciclo vegetativo se debe a que en el momento del trasplante hubo la presencia de lluvia. Los tratamientos T2 y T3 también concluyeron su ciclo vegetativo, aunque la última semana de abril hubo la presencia de helada, sin embargo los granos de quinua alcanzaron a madurar, los ciclos vegetativos son de 137 días y 127 días, respectivamente (Cuadro 1).

Evaluación de las variables agronómicas.

Efectuado el análisis de varianza para las variables agronómicas que se presenta en el Cuadro 2, muestran diferencia altamente significativa entre tratamientos, excepto para el diámetro de grano mostrando simplemente significativo; sin embargo no muestra diferencia entre repeticiones para todas las variables evaluadas. El coeficiente de variación es preciso para las variables altura de plantas, diámetro de granos y peso de 1000 granos, ya que estos valores son menores que 7%, lo cual indica el buen manejo del cultivo en campo y la confiabilidad de los datos registrados, en cambio para las variables longitud de panoja, diámetro de panojas, diámetro de tallos y rendimiento fluctúan entre 9,96% hasta 14,5% estimándose como datos de precisión aceptable, finalmente el promedio peso de granos por cada planta es de 17,31% considerándose como datos de una precisión regular y por lo tanto éstos resultados se debe utilizar con precaución. Concluyendo señalamos que los caracteres agronómicos: Altura de planta, longitud de panoja de la quinua están influenciadas por el carácter genotipo-ambiente (Velazco, 1995 y Wall, 1994). Asimismo los resultados obtenidos van corroborados por Burgasi (1990) en la que indica que para que la siembra de quinua tenga éxito en el crecimiento deben tomar en cuenta el poder germinativo, pureza varietal y la semilla debe estar libre de impurezas.

Cuadro 2.
Significancia y no significancia de las variables agronómicas evaluadas

Fuentes de variación	VARIABLES AGRONOMICAS EVALUADOS							
	Altura de plantas (cm)	Longitud de panoja (cm)	Diámetro de panojas (cm)	Diámetro de tallo (mm)	Diámetro de grano (mm)	Peso de granos (g/ planta)	Rendimiento (g/kg)	Peso de 1000 granos (g)
Repeticiones	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Tratamientos	**	**	**	**	*	**	**	**
Coeficiente Variación	5,74%	12,22%	9,96%	10,27%	5,07%	17,31%	14,50%	1,82%

Con respecto a la altura de plantas, la prueba de Duncan al 5% de probabilidad, señala que el comportamiento de las plantas sembradas en almacigueras el 30 de noviembre y trasplantada el 30 de diciembre estadísticamente es similar a las plantas sembradas el 14 de octubre, existiendo una leve diferencia de 1,4 centímetros entre ambos tratamientos; en cambio los resultados de esta variable para los tratamientos T2 y T3 (plantas trasplantadas el 12 y 20 de enero) son menores alcanzando simplemente a un promedio de 45,55 centímetros para el T2 y 30,46 centímetros para el T3, lo cual son corroborados por la prueba de Duncan. De la misma manera las panojas de las plantas tienen comportamiento proporcional al de las alturas de plantas, destacándose los tratamientos T0 y T1, en cambio los tratamientos T2 y T3 son los que reportan valores inferiores 13,92 centímetros y 6,97 centímetros respectivamente (Cuadro 3).

Cuadro 3.
Promedios de los tratamientos según variables evaluadas.

Tratamientos	PROMEDIOS DE LAS VARIABLES AGRONOMICAS EVALUADAS							
	Altura de plantas (cm)	Longitud de panoja (cm)	Diámetro de panojas (cm)	Diámetro de tallo (mm)	Diámetro de grano (mm)	Peso de granos (g/ planta)	Rendimiento (g/kg)	Peso de 1000 granos (g)
T0	71,91 a	20,36 a	4,26 a	8,89 b	2,29 a	13,62 ab	1063,8 a	4,94 a
T1	70,46 a	19,43 a	4,25 a	11,58 a	2,27 a	16,53 a	1164,8 a	4,68 b
T2	45,55 b	13,92 b	4,01 a	7,35 c	2,21 a	11,47 b	869,3 b	4,67 b
T3	30,46 c	6,97 c	2,25 b	3,96 d	2,03 b	0,47 c	81,3 c	3,21 c

La prueba de Duncan al 5% de probabilidad para las variables diámetro de panojas y diámetro de granos muestran comportamiento proporcional en su desarrollo, siendo estadísticamente similares los tratamientos T0, T1 y T2, en cambio el T3 es completamente diferente en su comportamiento. En el caso del variable peso de 1000 granos de quinua, para los tratamientos T1 y T2 según la prueba de Duncan nos reportan similitud en su comportamiento, en cambio los tratamientos T0 y T3 son completamente diferentes, siendo el peso de 4,94 gramos para el tratamiento T0 y 3,21 gramos para el tratamiento T3 (Cuadro 3).

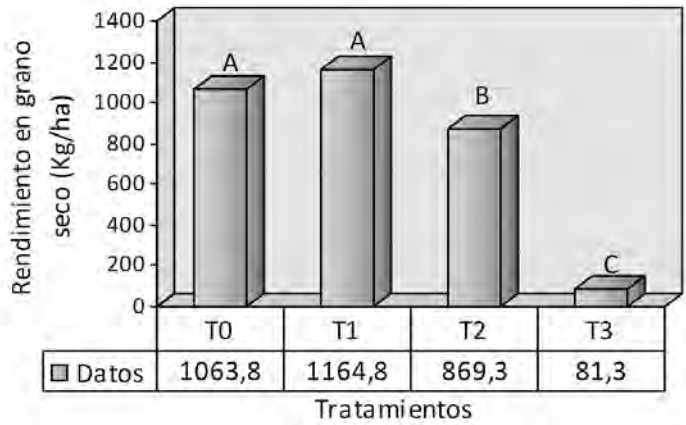


Figura 4.
Rendimiento comparativo entre tratamientos

El análisis de los resultados del rendimiento en grano seco por hectárea, nos revela la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos, aunque los promedios de los tratamientos T0 y T1 difieren levemente, pero estadísticamente similares, en cambio los tratamientos T2 y T3 son diferentes en su comportamiento, alcanzando un rendimiento de 869.3 kg/ha para el trasplante efectuado el 12 de enero y tan solamente llegando a 81.3 kg/ha para el trasplante realizado el 20 de enero (Figura 4). La altura de plantas y los rendimientos menores obtenidos con el tratamiento T3 son atribuidos principalmente al acortamiento del ciclo vegetativo, tal como indica (De Grazia *et al.*, 1998).

Relación Beneficio-Costo

La relación Beneficio/Costo (B/C), presentado en el Cuadro 4, muestra que el testigo es más rentable económicamente con un valor de 2,65 o sea por cada boliviano invertido, se recupera ese boliviano y se tiene una ganancia de 1,65 Bolivianos; asimismo, podemos observar que los tratamientos rentables (aunque en menor proporción) son los tratamientos T1 y T2 con 1,50 y 1,13 respectivamente, gracias a los rendimientos obtenidos. En cambio el tratamiento T3 (trasplante efectuado el 20-01-2012) no muestra beneficios, siendo su valor menor a 1 (0,11) lo cual representa pérdida en la inversión efectuada.

Cuadro 4.
Variables de la relación Beneficio/Costo

Detalle	Costo de producción total (Bs)	Rendimiento (kg/ha)	Precio de Venta (Bs/kg)	Ingreso Bruto (Bs)	Ingreso Neto (Bs)	Relación (B/C)
T0	4945,4	1063,8	12,3	13084,74	8139	2,65
T1	9555,7	1164,8	12,3	14327,04	4771	1,50
T2	9445,2	869,3	12,3	10692,39	1247	1,13
T3	9113,7	81,3	12,3	999,99	-8114	0,11

Conclusiones

- La sobrevivencia de plantas para los tratamientos T1, T2 y T3 han sido superiores a 91,8%, debido a que en los tres momentos del trasplante el suelo estuvo próximo a capacidad de campo (ideal para efectuar el trasplante), en cambio para el tratamiento T0 sembrado bajo condiciones normales sobrevivió en un 29,7 %.
- La humedad es un factor imprescindible para el crecimiento y desarrollo de las plantas; en el caso del trasplante el promedio de humedad en el momento del trasplante ha variado entre 6,43% y 6,75%; en cambio el promedio de humedad del T0 (siembra directa) fue más bajo alcanzando solamente a 5,93%.
- La diferencia altamente significativa entre tratamientos, se atribuye a que los tratamientos se efectuaron en tres diferentes momentos fuera de la época normal de siembra, en cambio entre repeticiones no hubo diferencia alguna, debido a que las condiciones medio ambientales fueron similares.
- El tratamiento T1 alcanzó el mayor rendimiento con 1164,8 kg/ha, seguido del T0 (testigo) con 1063,8 kg/ha, aunque estadísticamente son similares; en cambio el tratamiento T2 tuvo un rendimiento de 869,3 kg/ha y finalmente el tratamiento T3 ha reportado un valor de 81,3 kg/ha.
- Respecto a la relación Beneficio/Costo, el testigo es más rentable económicamente con un valor de 2,65 o sea por cada boliviano invertido, se recupera ese boliviano y se tiene una ganancia de 1,65 Bolivianos.

Referencias citadas

Burgasi, G. *et. al*. 1990. Cultivo Comercial. QUINUA: Hacia su cultivo comercial. Ed. Latinreco S.A. Wahli Christian. Quito, Ecuador. 206 p.

De Grazia J., Tittonell P.A., Chiesa A., 1998. Efecto de la fertilización nitrogenada y la densidad en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.). Acumulación de materia seca y rendimiento en plantas comercializables. Actas del XXI Congreso Argentino de Horticultura. San Pedro, Buenos Aires, Argentina.

Mujica, A.; Jacobsen, SE. 1999. Resistencia de la quinua a la sequía y otros factores abióticos adversos y su mejoramiento. Proyecto Quinua. CIP-DANIDA-UNAP-INIAP-PROINPA-KVL. Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú.

Vasquez, *et al*. 2011. Edad al trasplante y su efecto en el crecimiento y rendimiento de Chile Apaxtleco. Revista Chapingo-serie hortícola. Vol 17, N° 1. Universidad Autónoma de Chapingo, México. P 65.

Velasco, L. J. 1995. Informe Anual. Programa Trigo y Cereales Menores, IBTA Estación Experimental de San Benito. Cochabamba – Bolivia.

Wall, P. *et al*. 1994. Resultado de un sondeo de productores de trigo en el norte del departamento de Chuquisaca, Bolivia. CIMMYT-IBTA.

Introducción y validación de siete variedades de quinua (*Quenopodium quinoa* Willd.) en las zonas altas del departamento de Tarija

Sergio Martínez; Vicente De Souza; Josué Miranda.

ONG Esperanza Bolivia

E-mail: smartinez@esperanzabolivia.org y marcalconsultores@gmail.com

Resumen

Se ensayaron siete variedades de quinua real en la zona alta del departamento de Tarija, bajo la modalidad de investigación participativa, compartida entre campesinos y técnicos, desarrollándose en parcelas de los productores de diferentes comunidades de los municipios de El Puente y Yunchará de las provincias Méndez y Aviléz respectivamente, durante tres campañas agrícolas (2010-11, 2011-12 y 2012-13).

Al cabo de las tres campañas de investigación, fueron seleccionadas tres variedades para el municipio de El Puente, en primer lugar la variedad Sajama y luego en un segundo lugar compartido las variedades K'ellu y Pasancalla.

De la misma manera, en el municipio de Yunchará las tres mejores variedades fueron Sajama, K'ellu y Pasancalla, sin embargo en este municipio no fue posible ordenarlas en orden de importancia, debido a la variabilidad de los resultados obtenidos en las tres gestiones.

Palabras claves: Quinua; Tarija; validación de variedades.

Introducción

Las características agroecológicas de la zona alta del departamento de Tarija, con terrenos cultivables y aptos para el cultivo a alturas superiores de los 3500 msnm, en los municipios de El Puente y Yunchará de las provincias Méndez y Aviléz respectivamente, muestran condiciones agroclimáticas similares a las zonas tradicionales de producción de quinua en Bolivia, la zona altiplánica circundante al salar de Uyuni.

La quinua, el grano de oro, es un producto de alto valor nutritivo y de creciente valor económico tanto en el mercado interno como el de exportación, razones por las cuales

se seleccionó este cultivo para trabajar en los municipios indicados, con los componentes agrícolas y nutricionales, en un marco socioeconómico y medioambiental.

De esta manera, la ONG local Esperanza Bolivia en asocio con la ONG Belga *Louvain Coopération au Développement*, y el apoyo de los municipios involucrados de El Puente y Yunchará, decidieron poner en marcha un proyecto de introducción del cultivo de la Quinua, el mismo que se planteo como objetivo general: Promover el desarrollo económico, social y nutricional de las familias de los municipios de El Puente y Yunchará, mediante la introducción de un nuevo cultivo de alto valor nutricional y rentabilidad, con demanda creciente en el mercado nacional e internacional.

En el componente agrícola, motivo del presente trabajo de investigación, se planteó como objetivo específico la evaluación del comportamiento agronómico de 7 variedades de quinua en las condiciones agroecológicas de El Puente y Yunchará.

Materiales y métodos

El presente trabajo de investigación se desarrolló durante tres campañas agrícolas para la producción de quinua, gestiones 2010-11, 2011-12 y 2012-13, comprendidas entre los meses de septiembre a mayo.

La investigación de tipo participativa, compartida entre campesinos y técnicos, se desarrollaron en parcelas de productores de diferentes comunidades de los municipios de El Puente y Yunchará de las provincias Méndez y Aviléz respectivamente. Ambos municipios cuentan con zonas altiplánicas y cabecera de valles interandinos a altitudes de 3300 a 4000 msnm, donde se cultivan diferentes especies como papa, haba, cebada y ajo entre otras.

Se ensayaron 7 variedades de quinua, semillas adquiridas originalmente de ComRural, comercializadora ubicada en la ciudad de El Alto, quienes acopiaron la semilla de Oruro. Las variedades ensayadas fueron Blanca Real, Sajama, Pasancalla, K'ellu, Pantela, Waranga y Toledo, las mismas que están descritas por Tapia (1990) y Tapia y Fries (2005).

Los resultados promedios presentados en el acápite respectivo, son obtenidos por la sumatoria del producto o cosecha obtenida del total de parcelas y la sumatoria de la superficie sembrada de todas las parcelas del municipio por cada año.

El análisis se lo efectuó por simple comparación de medias entre variedades por cada municipio y a la conclusión de los tres años de investigación, se efectuó un análisis comparativo de las tres campañas, permitiéndonos de esta manera una visión global para la redacción de nuestras conclusiones de investigación.

Resultados y discusión

De acuerdo a lo explicado en el acápite precedente Materiales y métodos, a continuación presentamos la relación de resultados por cada campaña, para luego recién hacer el análisis global de los tres años de investigación.

Año 1, campaña 2010 – 2011: El Cuadro 1 presenta los resultados promedio obtenidos en las parcelas experimentales de la primera campaña, segregando luego esos resultados por municipio para ser presentados en forma gráfica permitiendo así el análisis y discusión de los resultados.

Cuadro 1.
Resultados Promedio* Campaña 2010 - 2011.
(Expresado en kilogramos por hectárea – kg/ha)

Municipio	Blanca Real	Sajama	Pasancalla	K'ellu	Pantela	Waranga	Promedio
El Puente	75.42	161.78	114.27	90.45	25.33	14.99	**104.91**
N° Parcelas	3	4	3	3	1	1	**5**
Yunchará	191.17	96.04	197.82	64.65	475.44	35.08	**155.72**
N° Parcelas	3	2	2	3	1	1	**4**

*Valores promedio obtenidos por la relación de los totales de la superficie sembrada y la cosecha obtenida del número de parcelas indicadas.

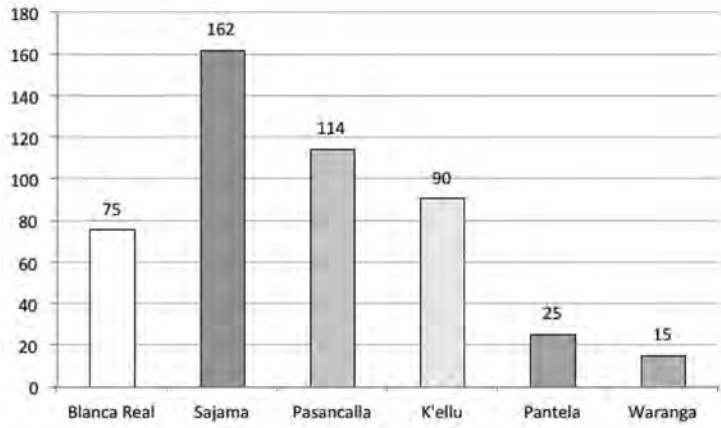


Figura 1.
Resultados Promedio (kg/ha) Campaña 2010 – 2011: El Puente.

De acuerdo al Cuadro 1 y la Figura 1, denotamos la superioridad de la variedad Sajama sobre la totalidad de variedades ensayadas en Iscayachi (El Puente), la misma que estaría seguida en orden de importancia por Pasancalla, K'ellu y Blanca Real, con escasas diferencias entre estas últimas. Finalmente, las variedades Pantela y Waranga en los últimos lugares con rendimientos muy bajos comparativamente.

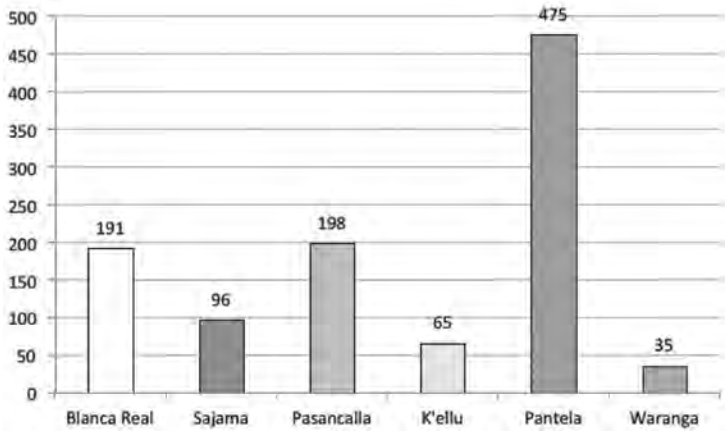


Figura 2.
Resultados Promedio (kg/ha) Campaña 2010 – 2011: Yunchará.

La Figura 2, gráfica las diferencias entre variedades presentadas en Yunchará, mostrando claramente la superioridad de la variedad Pantela, la cual es seguida en orden de importancia por Pasancalla y Blanca Real.

Sin embargo los promedios globales pueden ser algo engañosos, debido a que la variedad Sajama, fue la que mejor respondió en las 2 parcelas donde fue parte del ensayo, pero el promedio es influenciado por que en la mejor parcela no se sembró esta variedad.

Por esta razón, si bien en Yunchará destaca la variedad Pantela, también deben ser consideradas las variedades Pasancalla, Blanca Real y Sajama.

Año 2, campaña 2011 – 2012: Al igual que en la primer campaña de investigación, a continuación en el Cuadro 2 presentamos los resultados promedio obtenidos en las parcelas de ambos municipios, los mismos que luego son presentados gráficamente para el respectivo análisis por municipio.

Cuadro 2.
Resultados Promedio* Campaña 2011 – 2012.
(Expresado en kilogramos por hectárea – kg/ha)

Municipio	Blanca Real	Sajama	Pasancalla	K'ellu	Waranga	Toledo	Promedio
El Puente	201.88	354.71	318.76	327.29		169.63	**303.25**
N° Parcelas	1	8	1	3	-	3	**8**
Yunchará		569.20	1,068.60	287.39	107.11	116.60	**454.80**
N° Parcelas	-	5	1	4	1	2	**5**

*Valores promedio obtenidos por la relación de los totales de la superficie sembrada y la cosecha obtenida del número de parcelas indicadas.

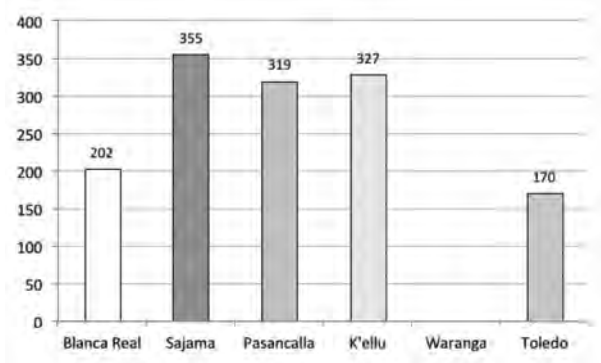


Figura 3.
Resultados Promedio (kg/ha) Campaña 2011 – 2012: El Puente.

Los resultados graficados en la Figura 3, muestra la superioridad de las variedades Sajama, K'ellu y Pasancalla, sobre las demás variedades ensayadas. Sin embargo debemos hacer notar que el valor de la variedad Sajama es el promedio de 8 parcelas, con valores muy bajos en alguna de ellas, mientras que Pasancalla es el resultado de una sola parcela y justamente la misma donde se dio el mejor rendimiento de Sajama, la cual obtuvo el rendimiento de 1,303.91 kg/ha frente al rendimiento de Pasancalla de 318.67 kg/ha, valor que a la falta de otra parcela aparece como promedio.

En consecuencia consideramos que la primer variedad y la de mayor potencial para la zona de Iscayachi es Sajama, resultado plenamente coincidente con los resultados experimentales de la campaña 2010 – 2011.

Luego, debido a la regularidad de su comportamiento, consideramos que la segunda variedad para la zona de Iscayachi es K'ellu (amarilla) y en tercer lugar la variedad Pasancalla (roja).

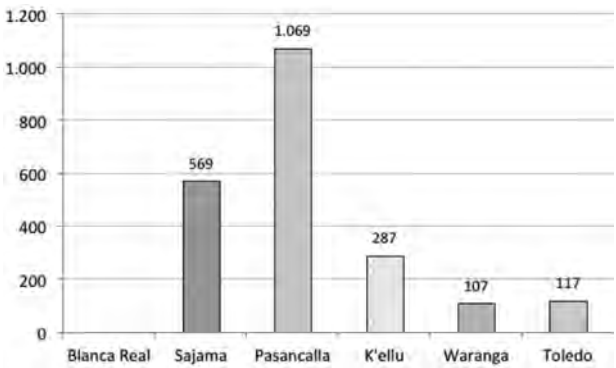


Figura 4.
Resultados Promedio (kg/ha) Campaña 2011 – 2012: Yunchará.

El resultado de la gráfica precedente (Figura 4) puede ser muy engañoso, puesto que si bien en el promedio pone en el primer lugar a la variedad Pasancalla, debemos hacer notar que el valor de la variedad Sajama es el promedio de 5 parcelas, con valores muy bajos en alguna de ellas, mientras que Pasancalla es el resultado de una sola parcela y justamente la misma donde se dio el mejor rendimiento de Sajama, la cual obtuvo el rendimiento de 894.03 kg/ha frente al rendimiento de Pasancalla de 1,068.60 kg/ha, valor que a la falta de otra parcela aparece como promedio.

En consecuencia consideramos que la primer variedad y la de mayor potencial para la zona de Yunchará es Sajama, una variedad que a pesar del promedio inferior a la variedad Pasancalla (resultado de una sola parcela), presentó durante las dos campañas de investigación una regularidad considerable en el comportamiento agronómico.

Luego, en un segundo lugar por su respuesta a las condiciones de Yunchará, ubicaríamos de manera indistinta a las variedades K'ellu (amarilla) y Pasancalla (roja), aunque esta última con un rendimiento mayor pero solo obtenido en una parcela, mientras que la primera presentó mayor regularidad en su comportamiento agronómico.

Año 3, campaña 2012 – 2013: A continuación presentamos los resultados de la tercer campaña de investigación, para luego seguir el mismo análisis de las dos campañas precedentes separadas por municipio, donde incorporamos al final un cuadro análisis de las tres gestiones de investigación.

Cuadro 3.
Resultados Promedio* Campaña 2012 – 2013.
(Expresado en kilogramos por hectárea – kg/ha)

Municipio	Sajama	Pasancalla	K'ellu	Pantela	Waran ga	Toledo	Promedio
El Puente	462.24		297.64	165.56		148.15	**318.04**
N° Parcelas	5	-	2	1	-	2	**10**
Yunchará	974.89	514.14	601.53	330.45	558.47		**712.24**
N° Parcelas	9	3	6	2	1	-	**11**

*Valores promedio obtenidos por la relación de los totales de la superficie sembrada y la cosecha obtenida del número de parcelas indicadas.

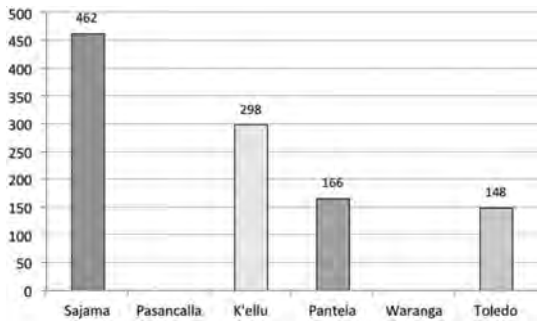


Figura 5.
Resultados Promedio (kg/ha) Campaña 2012 – 2013: El Puente.

Los resultados de la tercer campaña de investigación en el municipio de El Puente, confirman la superioridad de la variedad Sajama, variedad que en las tres gestiones arrojó los mejores resultados, con rendimientos promedios crecientes, de 162, 355 y 462 kilogramos por hectárea.

En segundo lugar se encuentra la variedad K'ellu, y finalmente las variedades Pantela y Toledo con resultados pobres comparativamente a las demás variedades.

Sin embargo, en las parcelas analizadas no se sembró Pasancalla, variedad que en las dos campañas anteriores se mostró en segundo y tercer lugar.

A continuación en el Cuadro 4, presentamos el orden logrado por variedad en las tres campañas de investigación.

Cuadro 4.
Posición Relativa por Variedad en las Tres Campañas de Investigación Municipio de El Puente

Campaña	1° Lugar	2° Lugar	3° Lugar
2010 - 2011	Sajama	Pasancalla	K'ellu
Kg/ha	162	114	90
2011 - 2012	Sajama	K'ellu	Pasancalla
Kg/ha	355	327	319
2012 - 2013	Sajama	K'ellu	Pantela
Kg/ha	462	298	166

Luego de las tres campañas, se confirma en primer lugar para El Puente la variedad Sajama, seguida por la variedad K'ellu y luego Pasancalla, con escasas diferencias entre estas dos últimas.

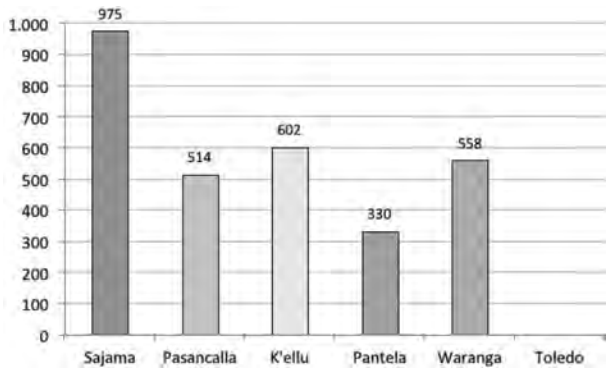


Figura 6.
Resultados Promedio (kg/ha) Campaña 2012 – 2013: Yunchará.

Los resultados de la tercer gestión de investigación en el municipio de Yunchará, muestran claramente la superioridad de la variedad Sajama, con un rendimiento promedio de 9 parcelas que casi duplica los rendimientos promedio de las demás variedades.

Luego de Sajama, se encuentra la variedad K'ellu, seguida de Waranga aunque con el valor de 1 sola parcela, y luego Pasancalla, con pequeñas diferencias entre estas tres variedades que conformarían el segundo grupo; y finalmente la variedad Pantela con los menores resultados.

A continuación en el Cuadro 5, presentamos el orden logrado por variedad en las tres campañas de investigación.

Cuadro 5.

Posición relativa por variedad en las tres campañas de investigación Municipio de Yunchará.

Campaña	1° Lugar	2° Lugar	3° Lugar
2010 - 2011	Pantela	Pasancalla	Blanca Real
Kg/ha	475	198	191
2011 - 2012	Pasancalla	Sajama	K'ellu
Kg/ha	1,069	569	287
2012 - 2013	Sajama	K'ellu	Waranga
Kg/ha	975	602	558

Los resultados de las tres campañas de investigación en el Municipio de Yunchará son bastantes variables, no permitiendo una respuesta definitiva como en el caso de El Puente, sin embargo, consideramos que al igual que en El Puente, las tres primeras variedades son Sajama, K'ellu y Pasancalla, aunque no sea posible por el momento definir el orden de estas tres primeras variedades.

Luego en un segundo grupo ubicaríamos a las variedades Pantela y Waranga, variedades más adaptadas a cabeceras de Valle.

Es importante hacer notar que ambos municipios, cuentan con zonas altiplánicas con alturas superiores a los 3500 msnm y zonas cabecera de valles interandinos, con altitudes de los 3000 a 3500 msnm.

A la conclusión de las tres campañas de investigación, presentamos en la Figura 7, la evolución de los rendimientos logrados en los dos municipios durante las tres campañas de investigación, resultados que son el promedio de todas las parcelas ensayadas.

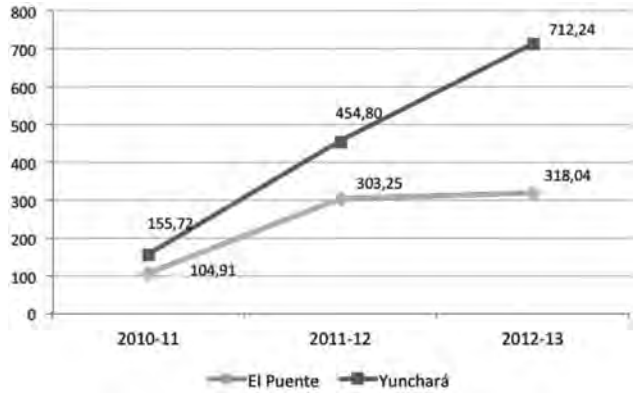


Figura 7.
Rendimientos promedio (kg/ha) obtenidos en las tres campañas agrícolas y en los dos Municipios de investigación.

A partir de los resultados graficados en la Figura 7, nos permitimos las siguientes consideraciones:

Evidenciamos un crecimiento sostenido del promedio de rendimientos en las tres campañas, con superioridad lograda en el municipio de Yunchará en especial el tercer año de investigación. Este incremento continuo de los rendimientos los atribuimos al desarrollo y adaptación de la tecnología de producción y al mayor compromiso de los productores en la atención y cuidado de sus parcelas, al tratarse esta de una investigación participativa, compartida entre campesinos y técnicos.

Con fines de evaluación comparativa de nuestros rendimientos, indicamos que el promedio nacional (Bolivia) de acuerdo al INE (2013) es de 580 kg/ha, promedio de 21 campañas agrícolas, comprendidas entre los años 1991 y 2011.

Ciertamente, los resultados logrados en nuestros ensayos experimentales del primer año son muy bajos comparativamente al promedio nacional, tampoco logrando superar ese promedio en nuestra segunda campaña y recién en el tercer año logramos promedios superiores a la media nacional en uno de los dos municipios ensayados.

Sin embargo, es importante hacer notar que debido al carácter participativo de la investigación, los resultados promedios están influenciados por los malos rendimientos obtenidos en parcelas que fueron desatendidas por sus productores, observándose alta variabilidad entre las diferentes parcelas.

Esta variabilidad en el manejo de las parcelas, permitieron obtener rendimientos muy por encima de nuestro promedio en las mejores parcelas de los dos municipios y en los tres años de investigación, resultados que nos alentaron a seguir con esta investigación.

Otro factor también a considerar, es que se trata de la introducción y validación de variedades a nuevas condiciones agroecológicas, en consecuencia los promedios incluyen las variedades que respondieron bien y aquellas que no se adaptaron a la zona en nuestra investigación.

Al margen de los rendimientos promedio indicados en los cuadros previos y en base a los cuales realizamos nuestro análisis, consideramos importante indicar los mejores rendimientos obtenidos en las tres primeras variedades seleccionadas en este trabajo de investigación, como son Sajama con 1,304 kg/ha en Iscayachi (El Puente) la campaña 2011-12, logrando el máximo rendimiento de esta variedad la campaña 2012-13 con 2,867 kg/ha en Cienega Frontera del municipio de Yunchará. Luego, los mejores rendimientos obtenidos en la variedad K'ellu fueron de 1,111 kg/ha en Yunchará, campaña 2012-13; y para la variedad Pasancalla también en el municipio de Yunchará con 1,069 kg/ha la campaña 2011-12.

Sin lugar a duda, los rendimientos máximos obtenidos en las mejores parcelas son inmensamente superiores al promedio nacional de 580 kg/ha, aspecto que nos esperanza como el potencial productivo al cual se podrá llegar en la zona de investigación, continuando con el proceso de adopción y desarrollo de tecnología.

Conclusiones

Al término del presente trabajo de investigación nos permitimos las siguientes conclusiones:

- Es posible el cultivo de la Quinua en la zona alta del departamento de Tarija, en los municipios de El Puente y Yunchará, siendo necesario sin embargo continuar con el proceso de investigación y desarrollo de tecnología para adaptar las técnicas del cultivo a las condiciones propias de la zona.
- Respecto al comportamiento de las variedades a las condiciones agroecológicas del municipio de El Puente, la variedad que mejor se comportó en las tres campañas fue Sajama, confirmando el primer lugar de esta variedad para El Puente.
- Luego, el segundo lugar lo compartirían las variedades K'ellu y Pasancalla, con escasas diferencias de rendimientos entre estas, no permitiendo su clara estratificación.
- Finalmente las variedades Blanca Real, Pantela, Waranga y Toledo, arrojaron los resultados más pobres en nuestros ensayos.
- Para el municipio de Yunchará, la respuesta de las diferentes variedades ensayadas fue bastante heterogénea en las tres campañas agrícolas, no permitiendo estratificarlas en orden de importancia por sus rendimientos, sin embargo al igual que en el municipio de El Puente, las tres primeras variedades son Sajama, K'ellu y Pasancalla, aunque no sea posible por el momento definir el orden de estas tres primeras variedades.

Luego en un segundo grupo en el cuarto y quinto lugar ubicaríamos indistintamente a las variedades Pantela y Waranga, variedades más adaptadas a cabeceras de Valle.

En último lugar, las variedades Blanca Real y Toledo, arrojaron los menores resultados en nuestra investigación.

Referencias citadas

CAB Internacional. 2005. *Crop Protection Compendium*. Wallingford, UK: CAB International.

INE. 2013. Estadísticas – Agricultura. [On Line] Disponible en: <http://www.ine.gov.bo>

TAPIA M. E. 1990. *Cultivos Andinos Subexplotados y su aporte a la Alimentación*. Perú: FAO.

TAPIA M. E. y FRIES A. M. 2007. *Guía de Campo de los Cultivos Andinos*. Lima: FAO y ANPE.

Estudio químico sobre la correlación suelo-planta de quinua en el altiplano del departamento de La Paz

Jaime Argollo[1]; Victor Ramirez[1]; César Calderón[1]; Cristian Herbas[1]; Félix Mamani[2]; Marco Echenique[2].

[1]Instituto de Investigaciones Geológicas y Medio Ambiente (IGEMA), UMSA.

[2]Facultad de Agronomía, UMSA.

E-mail: cherbas3@umsa.bo y prograno@yahoo.es

Resumen

El presente estudio tiene por objetivo evaluar la correlación suelo-planta de quinua en relación al contenido de más de 36 elementos metálicos. El estudio ha sido realizado en el altiplano del Departamento de La Paz, por el norte las provincias Omasuyos y los Andes, en la parte central[1] las provincias Aroma y Pacajes. El trabajo se inició con reuniones y convenios con los municipios respectivos y la primera parte fue la toma de muestras de suelos antes de la siembra, luego suelos más hojas y finalmente suelos, hojas, tallos, raíces y grano de quinua, en los puntos previamente seleccionados. El siguiente paso consistió en la preparación de muestras, mediciones físicas y químicas; en el análisis químico se procedió con dos técnicas instrumentales, barrido o scan cualitativo de hasta 75 elementos, posteriormente fueron cuantificados 43 elementos químicos, a través de la espectrometría de emisión por plasma inductivo, ICP. Los resultados obtenidos servirán de información para el estudio de: La relación de elementos componentes de los suelos y de la planta de quinua, la relación de elementos asimilables por la planta de quinua con referencia a los suelos, la comparación de resultados del contenido de elementos en la interrelación de planta-suelo entre el altiplano central y el altiplano norte, la calidad de los suelos respecto a la granulometría, textura y al contenido de elementos metálicos entre el altiplano central y el altiplano norte, la aplicación de los resultados de contenidos de elementos químicos metálicos, identificándolos como señales susceptibles de ser magnificadas, transformadas y correlacionas con señales espectrales en la banda infrarroja de la captación de datos a través del SIG, la aportación de los resultados obtenidos al estudio de la denominación de origen y así lograr mayor valor agregado a la quinua, además del desarrollo de material de referencia certificado de quinua.

Palabras claves: Suelo; correlación; quinua; indicadores.

Introducción

La quinua (Chenopodium quinoa W.) considerada el grano milagroso que alimentó a toda una cultura, es un grano nativo de los Andes que soporta heladas, suelos salinos y relativa escasez de lluvias. Hoy en día ha cobrado gran interés internacional, debido a que es el único alimento vegetal que posee proteínas de calidad, 21 aminoácidos que están presentes en cantidades muy próximas a los estándares establecidos por la FAO, considerados como esenciales para la alimentación humana, no tiene colesterol, no forma grasas en el organismo, no engorda y es recomendada para personas celiacas y aquellas con complicaciones anti - inflamatorias y cicatrizantes.

Uno de los problemas por los que atraviesan los productores de la quinua, es el relacionado a la pérdida de sus nutrientes, debido a la presencia de erosiones y desertificación en las áreas de cultivo, lo que puede provocar una baja considerable en el rendimiento de la producción, otros factores que intervienen negativamente son el uso mecanizado, la no rotación de cultivos y el dejar de lado los saberes locales y también la poca información relativa a los suelos, sumada a los cambios climáticos y el incremento de radiación solar. Por esto, se hace necesaria la creación de entidades científicas para llevar adelante "proyectos de cualificación y rehabilitación de suelos aptos para el cultivo de quinua", es así que el actual gobierno lanza el año internacional de la quinua, para poder lograr una conciencia y un fortalecimiento a la gestión del cultivo de quinua.

Objetivo general

- Evaluar la correlación suelo-planta de quinua con relación al contenido de más de 36 elementos metálicos, en varias regiones altiplánicas del departamento de La Paz.

Objetivos Específicos

- Contribuir al estudio de clasificación de suelos destinados a la producción de quinua, estableciendo la interrelación de la textura del suelo y su composición química.
- Establecer la relación suelo – planta respecto a la asimilación de elementos esenciales y no esenciales, además de conocer el factor de selección de otros elementos presentes.
- Identificar elementos comunes y no comunes y la asimilación de la planta con referencia a las regiones estudiadas, estableciendo un indicador específico de origen.
- Estudiar el cambio de composición de elementos presentes, durante el ciclo de siembra de la quinua.
- Conocer la correlación química entre el suelo, raíz, tallo, hojas y grano de quinua.

- Aportar con los resultados obtenidos al estudio de la denominación de origen.
- Aplicar los resultados obtenidos de composición de elementos metálicos al SIG.

Materiales y métodos

Las accesiones de quinua provienen de cuatro provincias de La Paz, tal como se muestra en el siguiente cuadro:

Cuadro 1.
Ubicación de las zonas de estudio.

Provincia	Municipio	Localidad	Muestras	Cód muestras	Punto
Aroma	**Sica Sica**	Ayamaya	SAA	1	1 punto muestreo
			SAB	2	
			SAC	3	
			SAD	4	
		Alto Patacamaya	PA1	5	1 punto muestreo
			PA2	6	
	Patacamaya	Estacion Exp.	PE3	7	1 punto muestreo
		Chiarumani	PCH1	8	1 punto muestreo
			PCH2	9	
		Kalani Pampa	PCHK 1	10	1 punto muestreo
Pacajes	**Stgo.de Callapa**	Callapa Chico	SCC1	11	1 punto muestreo
			SCC2	12	
Omasuyos	**Achacachi**	Tunusi	Atu-1	13	1 punto muestreo
		Pajchani Grande	AP1	14	1 punto muestreo
			AP2	15	
Los Andes	**Pucarani**	Santa Ana	PS-1	16	1 punto muestreo
		Ancocagua	PCA-5	17	1 punto muestreo

Con el fin de alcanzar los objetivos planteados por el trabajo se desarrollaron las siguientes actividades:

Reuniones preliminares con las autoridades y comunarios de las diferentes comunidades del altiplano centro y norte del departamento de La Paz, con el propósito de explicar las características y alcance del proyecto y obtener el permiso respectivo para trabajar con sus cultivos de quinua. Selección de comunarios con el propósito de que realicen un seguimiento del cultivo y cuidados que se debían tener con respecto a las plantas y puntos seleccionados. La actividad consecuente fue la toma de muestras de suelo preparado, con muestreador contaminación cero y barreno porta cilindros, a una altura entre 20 y 25 cm de altura del nivel de terreno.





Foto 1.
Visitas de campo, toma de muestras de suelos y hojas, etapa de florescencia.

Etapa de cosecha, se realizaron las visitas de campo, toma de muestras de suelos, raíces, tallos, hojas grano de quinua. Se realizaron mediciones de altura de panoja. Las muestras fueron transportadas al laboratorio para las respectivas mediciones físicas y preparación de las muestras para los análisis químicos.

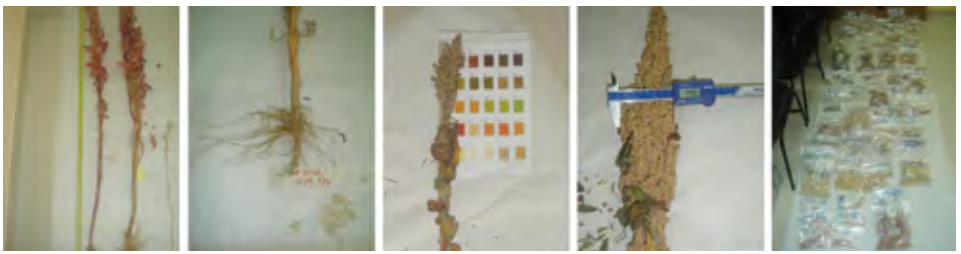


Foto 2.
Mediciones físicas de las muestras de quinua.

Para el registro morfológico, se realizaron las siguientes mediciones; siguiendo las Normas de Biodiversity (1989) y del INIAE (2010): Grano (diámetro y espesor), Panoja (peso, forma, longitud, diámetro), Planta (altura, hábito, presencia de ramificación, presencia de axilas).

Para los análisis del contenido de elementos metálicos y trazas, contenidos en las plantas de quinua, se desarrollarán los procedimientos:

Preparación de las muestras. Las muestras fueron preparadas siguiendo protocolos del laboratorio; sin embargo, es necesario validar los métodos de ensayo y para esto es imprescindible contar con materiales de referencia certificados para los parámetros de estudio. Por lo que, se ha desarrollado un material de referencia de la quinua, variedad Huganda, fenotipo clasificado.

Para el análisis químico, las muestras fueron preparadas de acuerdo al método EPA 3052 – Microondas, digestiones dirigidas para cada tipo de matriz.

Para la determinación de los elementos metálicos, medición de elementos mayoritarios, minoritarios, trazas, tierras raras y ultratrazas; se utilizó la técnica instrumental de Espectrometría de Emisión Óptica con Plasma Acoplado por inducción (ICP-OES), por las ventajas del equipo.



Foto 3.
Limpieza y desaponificación de la muestra de quinua. Espectrómetro de Emisión Optica con Plasma Acoplado por Inducción, ICP-OES; marca Perkin Elmer, modelo 5300 DW (doble vista, axial y radial), determinación simultánea, tiempo de lectura de 2,5 min por muestra para scan de hasta 75 elementos.

Para el análisis químico se definieron dos métodos por ICP – OES: Scan cualitativo o barrido, para la detección simple de hasta 75 elementos metálicos presentes y Cuantificación, para la medición de concentración de 44 elementos metálicos.

En lo referente a la preparación de material de referencia, quinua fenotipo Huganda, a parte de la evaluación estadística, quimiométrica, se continua al presente efectuando mediciones para determinar homogenidad y heterogenidad de la muestras, así como estabilidad de la misma en función del tiempo.

Para la validación de los métodos analíticos se efectuaron los siguientes tratamientos estadísticos:



Para la evaluación de resultados se utilizaron técnicas y metodologías estadísticas en programa Excel y SPSS. Debido a la enorme cantidad de datos, es que todavía se continúa evaluando los mismos.

Resultados y discusión

Los datos obtenidos y su evaluación, son mostrados a continuación, haciendo notar que se efectuará de forma secuencial, en algunos casos solo se mostrarán datos que exponen la metodología aplicada; esto debido a la enorme cantidad de información obtenida.

Cuadro 2.
Características Físicas de los suelos estudiados.

CODIGOS DE CAMPO	Textura			Clase Textural
	%A	%Y	%L	
PCA-1	46	28	26	Franco arcillo arenoso
SAA	28	31	41	Franco arcilloso
PE-2	66	18	16	Franco arenoso
PCHK-1	54	14	32	Franco arenoso
SCC-2	75	17	8	Franco arenoso
Atu-1	27	24	49	Franco
AP-1	24	34	42	Franco arcilloso
PS-1	68	18	14	Franco arenoso
PA -1 M2	73	16	11	Franco arenoso
PCH -1 M2	51	20	29	Franco

Esta información será relacionada con las variables de la planta de quinua; estas variables medidas son las siguientes: Altura de Planta, Diámetro de Tallo, Color de Tallo, Forma de Tallo, Hábito de Crecimiento, Presencia de Axilas, Color de Axilas, Presencia de ramificación, Posición de Ramas, Peso de Tallo, Peso de Hojas, Longitud de Raíz Principal, Longitud de Raíz (Extensión), Peso de Raíz, Longitud de Panoja, Diámetro de Panoja, Color de Panoja, Forma de Panoja, Peso de Panoja, Peso de Grano limpio, Peso de Jipi, Peso de Rastrojo, Color de Perigonio, Color de Grano, Diámetro de Grano, Espesor de Grano.

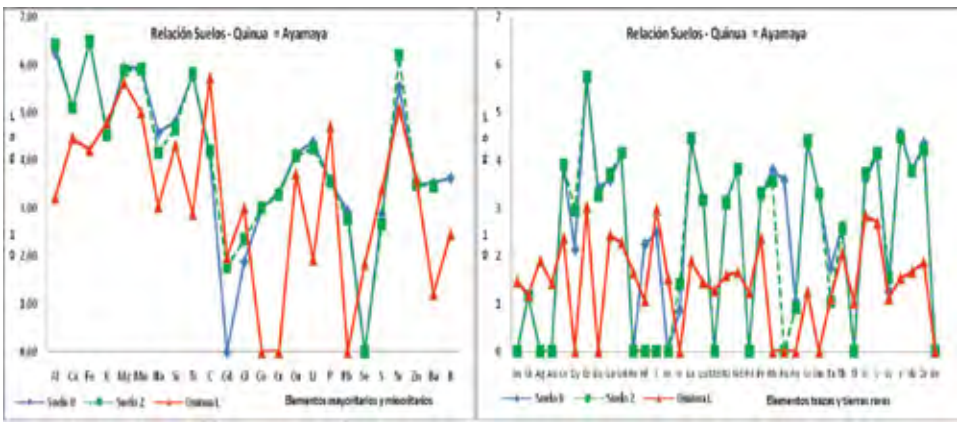
Cuadro 3.
Correlación entre la Variables Cuantitativas de la Planta de Quinua.

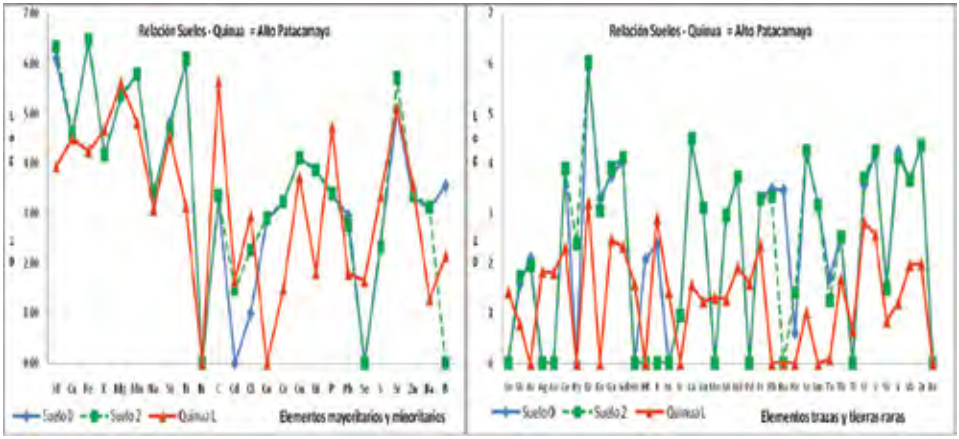
Variables	Longitud de Tallo	Diámetro de Tallo	Peso de Tallo	Peso de Hojas	Longitud de Raíz	Extensión de Raíz	Peso de Raíz	Longitud de Panoja	Diámetro de Panoja	Peso de Panoja	Peso de Grano	Diámetro de Grano	Espesor de Grano
Longitud de Tallo	1												
Diámetro de Tallo	**0,82**	1											
Peso de Tallo	0,20	0,27	1										
Peso de Hojas	0,14	0,25	**0,51**	1									
Longitud de Raíz	0,16	0,09	0,31	0,45	1								
Extensión de Raíz	0,05	0,09	0,32	0,53	**0,90**	1							
Peso de Raíz	0,50	0,54	0,51	0,13	-0,13	-0,20	1						

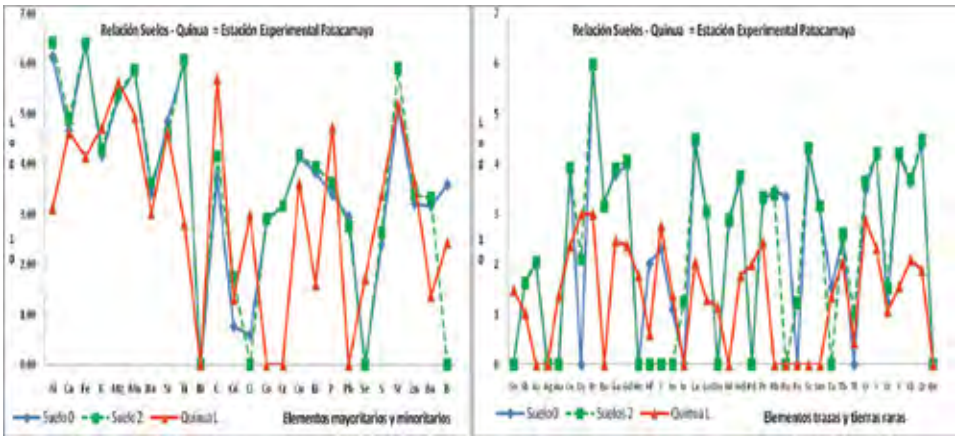
Longitud de Panoja	0,73	0,79	0,27	0,18	0,10	0,04	**0,56**	1					
Diámetro de Panoja	0,68	0,88	0,29	0,26	0,07	0,11	0,44	**0,62**	1				
Peso de Panoja	0,05	0,25	0,68	0,59	0,23	0,39	0,29	0,20	0,21	1			
Peso de Grano	0,10	0,30	0,66	0,48	0,18	0,34	0,37	0,29	0,23	**0,98**	1		
Diámetro de Grano	-0,02	0,03	0,03	0,15	0,20	0,22	-0,16	0,09	0,01	0,15	0,15	1	
Espesor de Grano	-0,15	-0,07	0,03	-0,13	-0,01	-0,01	-0,01	0,10	-0,10	0,07	0,12	**0,51**	1

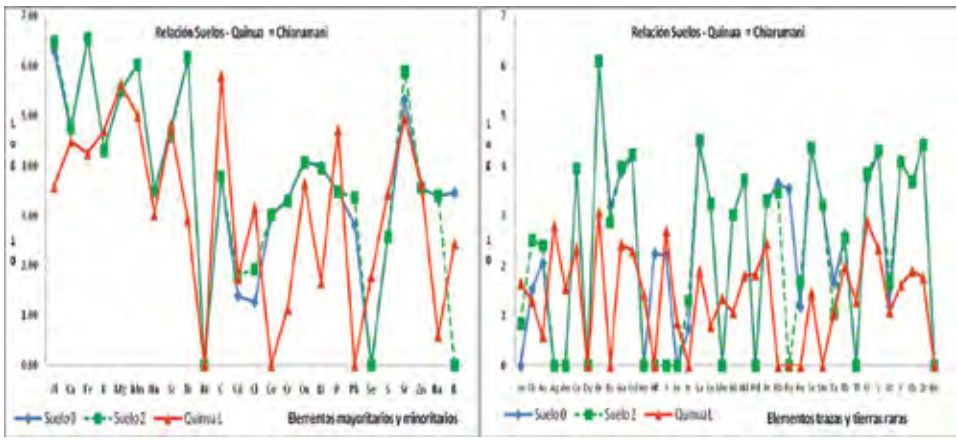
Observando el cuadro de correlaciones podemos indicar que: Existe una correlación del 82% entre las variables Diámetro de tallo con la longitud de tallo, una correlación del 51% entre el peso de tallo con el peso de las hojas. Una correlación del 90% entre las variables longitud de raíz principal con la extensión de raíces de la planta. Correlación del 62% entre la longitud de panoja y el diámetro de panoja, un 98% de correlación entre el peso de panoja con el peso de grano y una correlación del 52% entre las variables diámetro de grano y el espesor del grano.

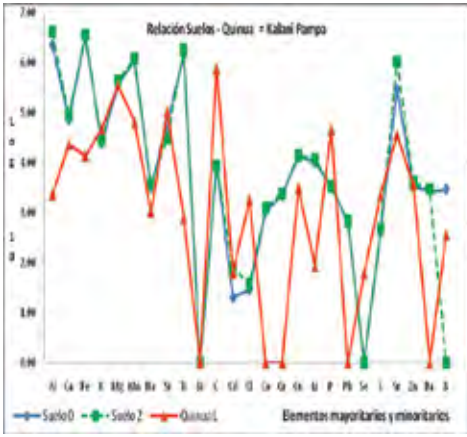
Los resultados obtenidos en la parte química serán mostrados solamente los medidos por el método de barrido o scan cualitativo, estos muestran solo la presencia de elementos y a partir de los cuales se planifican los análisis de cuantificación. Ampliando la información técnica, la señal analítica es la intensidad de cada elemento, de acuerdo a su longitud de onda, expresado en cuentas por segundo (cps), las cuales pueden alcanzar cifras del millón, por lo que se aplica la metodología de transformación a logaritmo base 10 (log 10) para tener una información uniforme y de fácil interpretación. A continuación se observan los gráficos obtenidos por este método analítico.

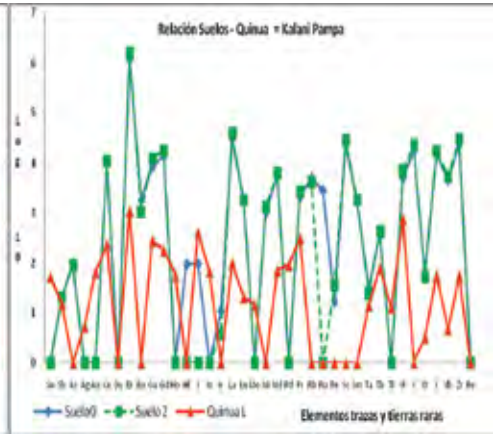


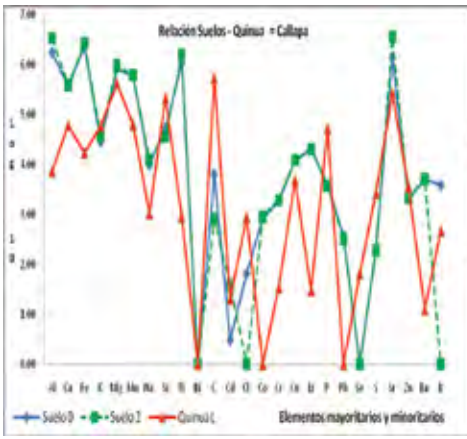

Relación Suelos - Quinua = Alto Patacamaya
Suelo 0
Suelo 2
Quinua L
Elementos mayoritarios y minoritarios
Relación Suelos - Quinua = Alto Patacamaya
Suelo 0
Suelo 2
Quinua L
Elementos trazas y tierras raras

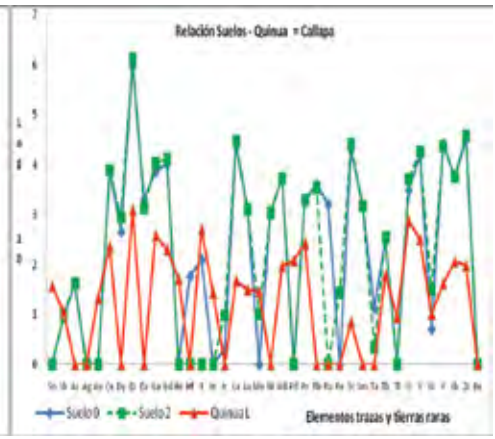

Relación Suelos - Quinua = Estación Experimental Patacamaya
Suelo 0
Suelo 2
Quinua L
Elementos mayoritarios y minoritarios
Relación Suelos - Quinua = Estación Experimental Patacamaya
Suelo 0
Suelo 2
Quinua L
Elementos trazas y tierras raras

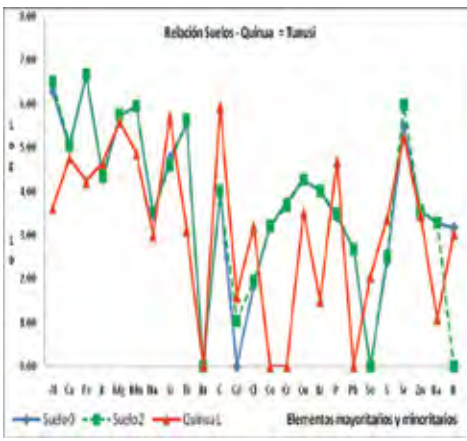

Relación Suelos - Quinua = Chiarumani
Suelo 0
Suelo 2
Quinua L
Elementos mayoritarios y minoritarios
Relación Suelos - Quinua = Chiarumani
Suelo 0
Suelo 2
Quinua L
Elementos trazas y tierras raras

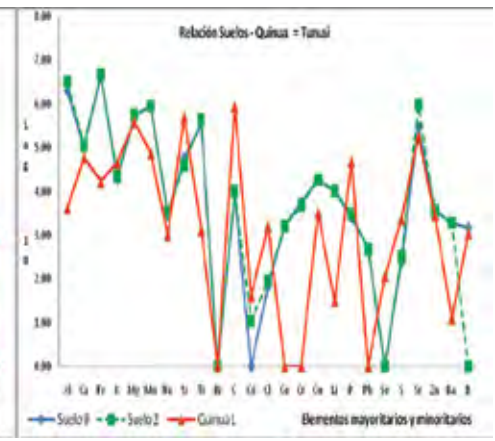

Relación Suelos - Quinua = Kallani Pampa
Suelo 0
Suelo 2
Quinua L
Elementos mayoritarios y minoritarios

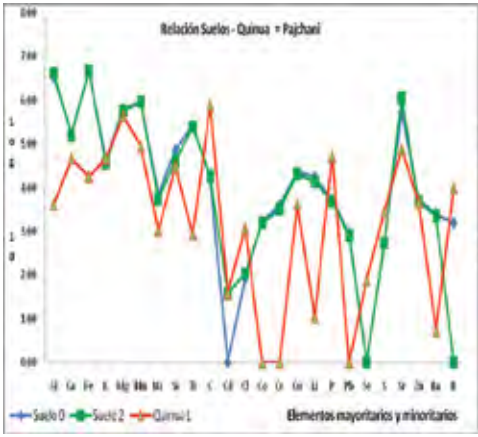

Relación Suelos - Quinua = Kallani Pampa
Suelo 0
Suelo 2
Quinua L
Elementos trazas y tierras raras

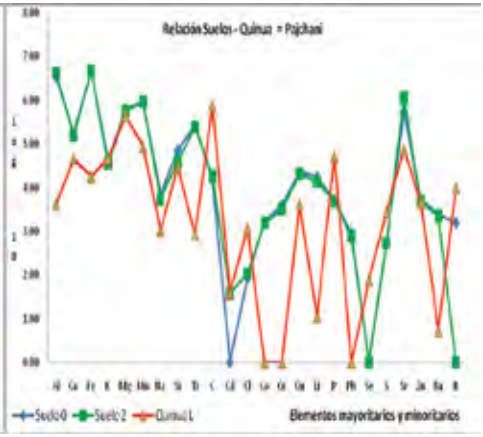

Relación Suelos - Quinua = Callapa
Suelo 0
Suelo 2
Quinua L
Elementos mayoritarios y minoritarios


Relación Suelos - Quinua = Callapa
Suelo 0
Suelo 2
Quinua L
Elementos trazas y tierras raras

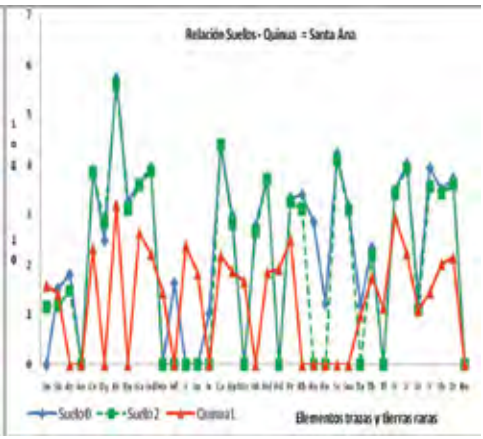

Relación Suelos - Quinua = Tunusi
Suelo 0
Suelo 2
Quinua L
Elementos mayoritarios y minoritarios

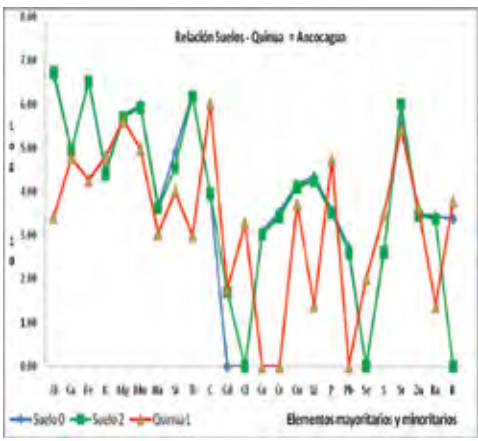

Relación Suelos - Quinua = Tunusi
Suelo 0
Suelo 2
Quinua L
Elementos mayoritarios y minoritarios

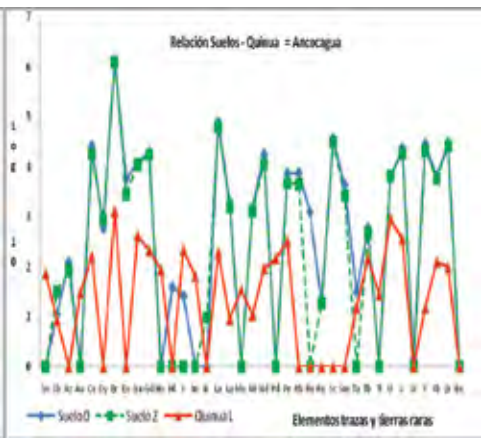

Relación Suelos - Quinua = Pajchani
Suelo 0
Suelo 2
Quinua 1
Elementos mayoritarios y minoritarios


Relación Suelos - Quinua = Pajchani
Suelo 0
Suelo 2
Quinua 1
Elementos mayoritarios y minoritarios


Relación Suelos - Quinua = Santa Ana
Suelo 0
Suelo 2
Quinua 1
Elementos mayoritarios y minoritarios


Relación Suelos - Quinua = Santa Ana
Suelo 0
Suelo 2
Quinua 1
Elementos trazas y tierras raras


Relación Suelos - Quinua = Ancocagua
Suelo 0
Suelo 2
Quinua 1
Elementos mayoritarios y minoritarios


Relación Suelos - Quinua = Ancocagua
Suelo 0
Suelo 2
Quinua 1
Elementos trazas y tierras raras

Al considerarse un trabajo inédito, por el enfoque y la orientación de los resultados, la evaluación de resultados sigue en curso; sin embargo, la metodología desarrollada está basada en los resultados gráficos mostrados. En los lugares de estudio, el comportamiento de los elementos mayoritarios no muestra variación y en todos los casos, la quinua utiliza para su proceso los elementos K, Mg, C, P, Se, B, Cl y Si. Respecto a los compuestos minoritarios, utiliza los esenciales y comunes a todas las plantas. Los elementos considerados toxicológicos, muestran una presencia en todos los casos, Cd, trazas de As, el Pb solo en Alto Patacamaya, Co solo en Santa Ana, Cr en Alto Patacamaya, Chiarumani, Kalani Pampa, Callapa, Tunusi y Santa Ana; las concentraciones en todos los casos no son de atención, aunque profundizando el estudio se podrá confirmar lo expuesto. En cuanto a trazas y tierras raras se observa la presencia de: Er, Ga, Gd, Ho, Hf (solo en Ayamaya, Patacamaya, Pajchani y Santa Ana), I, Pr, La, Mo, Sc, Tb, Yb y Ce. Un aspecto importante es que la quinua no muestra presencia de elementos tales como: Dy, Ru, Rb, Re, Sm, Zr, Be y Eu; aún cuando estos están presentes en los suelos como elementos comunes. Por otra parte, la presencia de I (yodo) en todos los lugares y los respectivos granos, es importante por cuanto el aporte de este elemento es esencial en la alimentación.

El siguiente paso del trabajo en curso es, evaluar los elementos cuantificados en base a los resultados obtenidos por el scan cualitativo, aplicar técnicas estadísticas y obtener el indicador de origen, que está basado en ciertos elementos no comunes, para interrelacionar con los datos físicos como el diámetro del grano, el rendimiento y de ser posible con todas las variables cuantitativas además de la textura de suelos y la geomorfología.

Para la segunda fase del trabajo se espera contar con un solo fenotipo de quinua que será sembrado en parcelas en los mismos lugares seleccionados en la primera fase.

Conclusiones

- De los 17 puntos de muestreo, se realizaron análisis químico en grano, suelo, hojas, tallo y raíz. Obteniéndose en cada caso información acerca de su composición química.
- Se realizó la validación del método analítico para el análisis de grano de quinua.
- Se desarrolló un material de referencia para la quinua, utilizando la quinua variedad Huganda. Se continuará el estudio con pruebas de tamaño de grano molido, homogeneidad y heterogeneidad, con sus pruebas respectivas en 12 meses de evaluación y posteriormente se propondrá a la OIEA que pueda realizar un control de calidad y una prueba de caracterización química de composición a nivel internacional, para la otorgación del certificado como material de referencia certificado.

- Obtención de datos químicos, composición química, para desarrollar la correlación suelo – planta de quinua y para su posterior estudio como base para la denominación de origen.
- Obtención de datos de las variaciones en su composición química de la quinua, en toda su fase de desarrollo.
- Identificación de elementos químicos, susceptibles para ser aplicados como indicadores de origen.
- Obtención de información acerca de las diferencias en la correlación de elementos químicos entre municipios y provincias.
- Estructuración de resultados para la integración de composición química de suelos y textura de los mismos, basados en puntos de muestreo, municipios y provincias.
- El proyecto se encuentra todavía en proceso de evaluación, se requiere aplicación estadística para confirmar las propuestas.
- Para completar el estudio, es necesario efectuar análisis bromatológico de grasas, nitrógeno, fibra, caracterización de proteínas.
- Se requiere una segunda fase del proyecto, con parcelas en las cuales se siembre quinua caracterizada en su variedad para aplicar los resultados del proyecto.
- Los resultados del proyecto pueden ser aplicados a otros cultivos para evaluar los mismos objetivos del proyecto.
- Debe completarse el estudio con el análisis de variables ambientales, agua de riego, material particulado del aire, cambios ambientales debido a la radiación solar.
- Ampliar el estudio a la producción de quinua del Intersalar, para observar diferencias entre la quinua producida en el altiplano del departamento de La Paz, con la quinua Real.
- Integrar el estudio con proyectos de investigación de desertificación.

Referencias citadas

Humberto Gandarillas S. Producción de quinua en Bolivia Mesa Redonda Internacional, La Paz-Bolivia, 1993.

Análisis por Espectrometría – ICP OES. Perkin Elmer Corporation. 1999

Sistema de información Geográfica. Manual de Aplicación y uso. Universidad La Plata. Argentina, 2001

SENAPI. Resolución Administrativas Nº 18 del 23 de agosto de 2002, La Paz-Bolivia

Quinoa Cultivo Andino a la Conquista del Mundo, La Razón, La Paz, Bolivia, pag.B. Domingo 29 de Agosto de 1999.

Roger Carvajal, Seladis, Universidad Mayor de San Andrés, 1999

Roger Carvajal, Viceministerio de Ciencia y Tecnología, Publicación de prensa (Xinhua), La Paz-Bolivia, 24 de abril de 2009.

Salas R. SENAMHI (10 años).., 1987

Flores M. 2.002 (ZONISIG).

Muestreo de las plantas. Protocolo Laboratorio, Sistema de Gestión de Calidad

Preparación de las plantas. Protocolo Laboratorio, Sistema de Gestión de Calidad

Muestreo de los suelos. Análisis Químico Jackson. 1989

Wageningen. Procedures for soil análysis, ,. Publicación de la FAO. 1987

pH Determinación en suelos: Método propuesto por la FAO.1988

Angel Mujíca, Director Post Grado Universidad del Altiplano. La Razón; La Paz -Bolivia, pag.B. Domingo 29 de Agosto de 1999

Diálogo Nacional 2002, Ministerio de desarrollo Económico, Ed. FOCET Boliviana; La Paz-Bolivia,2000

Xorge A. Dominguez. Métodos de Investigación Fitoquímica, Ed. Limusa; México, Pag. 149-159, 1973

Koziol, M.J. Quinoa: A Potential New oil croup. Pag. 328-336. In: J. janick and J.E. Simon (eds), New Crops. Wiley; New York, 1993.

Tapia M et al "La Quinua y la Kañiwa: Cultivos Andinos" Ed. IICA; Bogotá Colombia 1979

P. Morales, C Curi, "Un Método Físico-Química para la Determinación de Saponinas Totales en Quinua (Chemical Abstrct C.A. 106174794, 1987)

Norma Boliviana "Cereales-Quinua en Grano-Métodos de Ensayo, NB.662, IBNORCA; La Paz-Bolivia,1996

Norma Boliviana "Cereales-Quinua en Grano-Métodos de Ensayo, NB.664, IBNORCA; La Paz-Bolivia, 199

Norma Boliviana "Cereales-Quinua en Grano-Métodos de Ensayo, NB.665, IBNORCA; La Paz-Bolivia, 1996

Norma Boliviana "Cereales-Quinua en Grano-Métodos de Ensayo, NB.666, IBNORCA; La Paz-Bolivia, 1996

Norma Boliviana "Cereales-Quinua en Grano-Métodos de Ensayo, NB.663, IBNORCA; La Paz-Bolivia, 1996

Norma Boliviana "Cereales-Quinua en Grano-Métodos de Ensayo, NB.668, IBNORCA; La Paz-Bolivia, 1996

Norma Boliviana "Cereales-Quinua en Grano-Métodos de Ensayo, NB.669, IBNORCA; La Paz-Bolivia, 1996

Fuentes de Jiménez N. La Investigación de la Quinua y sus Aportes en el Instituto Nacional de Desarrollo Agroindusrial-INDDA; Perú, 1983.

Correor S.,G. Investigación sobre Producción y Valor Nutritivo del Forraje de Quinua. Universidad Nacional del Altiplano, Puno (Perú). Corporación Departamental de Desarrollo de Puno, (Perú). 5. 1987.

Calderón G.E., "Guía para Análisis de Plantas y Notas Prácticas sobre Fitoquímica", Universidad Nacional de Colombia; Bogotá, 1963

La Quinua y la Reabilitación de su Industrialización en el Departamento del Cuzco. 3ra congreso Nacional de ingenieros Agrónomos. En: Lima(Perú),. P 1-14 (Es). PE-INIPA, Lima-Perú, 1965

Yánez E., Ivanovic D. Posibilidades de Incremento de la Producción de Quinua en la Sierra Central y Norte del Perú, Programa de Cereales de la Universidad Nacional Agraria La Molina; Lima-Perú, 1983.

Norma Boliviana "Cereales-Quinua en Grano-Definiciones, NB.336, IBNORCA, La Paz-Bolivia; 1995

Potenciales abonos para uso en la producción orgánica: Manejo de residuos orgánicos municipales con activadores orgánicos y lombricultura

Jessica Ruiz[1]; Noel Ortuño[2].

[1]Universidad Católica Boliviana.

[2] Fundación PROINPA.

E-mail: n.ortuno@proinpa.org

Resumen

Con el fin de transformar residuos orgánicos sólidos para la producción de quinua, se compostaron residuos orgánicos con y sin aplicación de activador orgánico, luego, estos fueron utilizados para que los procesen las lombrices, también con el uso de activadores orgánicos. En el compost, a los 64 días, el activador logró reducir un 60,02% de volumen inicial, dejando un 39,99% de material grueso. Después del procesado del compost por las lombrices, se evaluó a los 47 días, donde el tratamiento con activador, desde el compostado logró reducir un 90,67% del volumen inicial del residuo orgánico, proporcionando mayor cantidad de materia fina en relación a los otros tratamientos, dejando solo 9,33% de material grueso. Se complementó con un bioensayo con plantas de cebada para evaluar la fitotoxicidad del lombricompost, el 100% de lombricompost se obtuvo del 60 a 70% de germinación.

Palabras claves: Residuos sólidos; microorganismos eficientes.

Introducción

Desde el Altiplano hasta las zonas de valle de la zona andina de Bolivia se conoce que existe un proceso de desertización agudo, por la aridez de los suelos y la escaza precipitación. En muchos casos, los suelos tienen menos del 1% de materia orgánica, lo cual es una de las causas de la baja productividad de los suelos. Por eso es importante buscar opciones para mejorar el contenido de materia orgánica en el suelo, que permita una producción racional y de conservación.

El compost es una opción, el cual es un abono orgánico que resulta de la descomposición del estiércol de animales con residuos vegetales, los cuales son mezclados en un

montón o pila y dejados en reposo por algún tiempo, en el que actúan millones de microorganismos que descomponen estos residuos, lo cual puede durar entre un periodo de tres a seis meses, según el clima donde se construya la compostera (Sánchez, 2003).

Otra posibilidad es la lombricultura, una biotecnología que utiliza a la lombriz como una herramienta de trabajo, la que permite rescatar los desechos orgánicos biodegradables, los que son ingeridos por la lombriz y transformados en humus, los cuales son descartados en millones de toneladas en el mundo, los cuales pueden ser transformados en productos de gran beneficio para el hombre y su medio (Sánchez, 2003).

El punto más importante en este trabajo es de poder producir trasformar residuos orgánicos en humus para utilizar en la producción orgánica de quinua, obteniéndose en menor tiempo el compost y lombricompost, a través del uso de activadores orgánicos.

Materiales y metodología

La primera fase fue la preparación del sustrato con y sin activador, en la segunda fase se aplicó con y sin activador a las lombrices que estaban trabajando y la tercera fase se hizo la prueba de fitotoxicidad en bioensayo con plantas de cebada.

En las dos primeras fases se evaluó la población de la microfauna (descomponedores de la materia orgánica) y porcentaje de descomposición. En la tercera fase se evaluó la altura, volumen de raíz y coloración de las hojas.

Para los datos se aplicó un diseño completo al azar y para la comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey. Se utilizó el sistema SAS para analizar los datos.

Las variables evaluadas en el bioensayo fueron: Porcentaje de plantas emergidas registradas, altura de la planta, volumen de raíz y coloración de hoja. Los datos fueron analizados con prueba de chi cuadrado aplicando el sistema SAS.

Resultados y discusión

Evaluación del proceso de compostaje

a) Microfauna en el compost

La cantidad promedio de collembolas encontrada para cada tratamiento, siendo la menor para el T1 A que es el compost sin activador y siendo mayor para el T1B compost con activador orgánico. La cantidad promedio de ácaros encontrados para cada tratamiento, siendo el menor para el tratamiento T1 A compost sin activador orgánico y siendo el mayor para el T2 B compost con activador orgánico.

Los dos tipos de microorganismos que se observaron no existió diferencia significativa en la actividad biológica, porque su cantidad por muestra experimental fue mínima y similar para ambos tratamientos.

Su aparición nos muestra que están empezando su actividad biológica ya que estos aparecen en la etapa de enfriamiento debido a que ellos se verán beneficiados de los residuos de la etapa termofílica, así los productos metabólicos finales de un grupo constituyen los nutrientes necesarios para otro (Rynk, 1992; Otten, 2007).

b) Porcentaje de descomposición del compost

Después de la fase de compostaje, se procedió a tamizar cada pila y su repetición, para así obtener el volumen de materia fina y materia gruesa, con sus respectivos porcentajes.

En el Cuadro 1, es importante resaltar que el tratamiento T2 (con activador orgánico), logró reducir el 60.02% de volumen inicial, restando un 39.99% para posterior reutilización, en el proceso de lombricompostado.

Cuadro 1.
Volumen inicial y final de las pilas de compost por tratamiento.

Tratamientos	Volumen Inicial	Volumen Final					
		Material fino		Material grueso		Pérdida	
	---m3--	---m3--	--%--	---m3--	--%--	---m3--	--%--
T1	0,15	0,0451	30,07	0,0624	41,6	0,0425	28,33
T2	0,15	0,0531	35,4	0,0394	26,27	0,0575	38,33
T3	0,15	0,0556	37,07	0,0269	17,93	0,0675	45
T4	0,15	0,056	37,34	0,014	9,33	0,08	53,33

A continuación la Figura 1, muestra el análisis estadístico del porcentaje de volumen descompuesto de materia fina del compost.

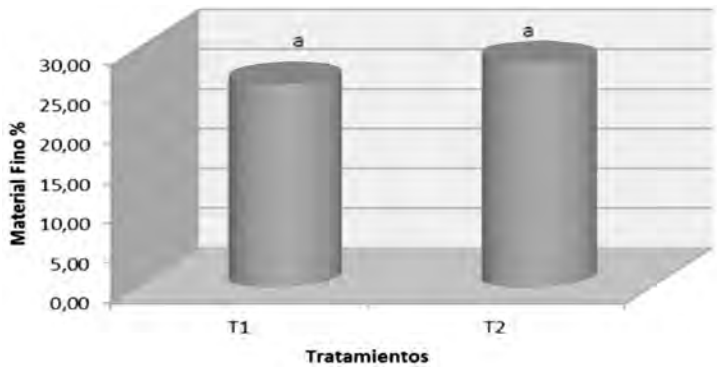


Figura 1.
Porcentaje del volumen descompuesto de la materia fina.

El T2 descompuso más que el tratamiento T1, esto se debió a que el T2 contenía activador orgánico el cual ayuda a descomponer y activar el proceso de compostaje (Uranga, 1995 cit. Por Jiménez, 1998). Lo que representa que solo el 39% tendrían que procesar las lombrices en la fase II. Eso permite disponer anticipadamente 60% de humus.

A continuación la Figura 2, muestra el análisis estadístico del porcentaje de volumen descompuesto de materia gruesa del compost.

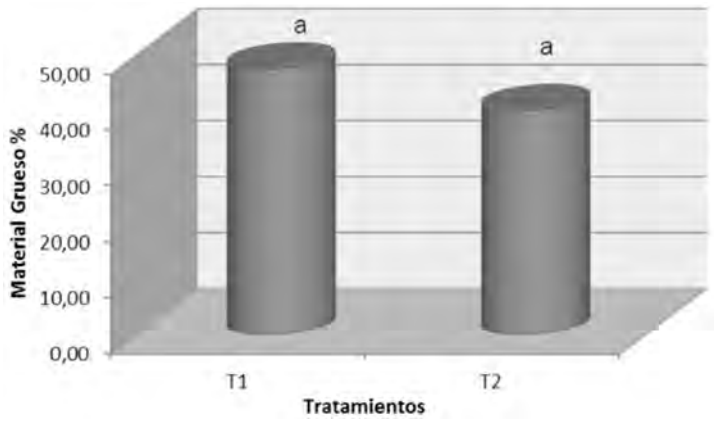


Figura 2.
Porcentaje del volumen descompuesto de la materia gruesa.

Como se puede ver en la Figura 2 el porcentaje de materia gruesa corresponde al material que no terminó de descomponerse, obteniendo mayor cantidad de materia gruesa en el T1 ya que fue del que se obtuvo menos materia fina.

Evaluación del proceso de lombricompost

Durante este proceso las variables que se evaluaron fueron el tiempo, la humedad, temperatura, pH, microfauna.

Evaluación de la Cosecha de la lombriz roja californiana

Finalizada esta fase de lombricompost, se procedió a tamizar de cada tratamiento y sus respectivas repeticiones para así obtener el volumen de materia fina y materia gruesa, con sus respectivos porcentajes. El volumen inicial de cada pila de compost y el volumen final de la pila de compost, además de sus respectivos porcentajes (Cuadro 2).

Cuadro 2.
Volumen inicial y final de lombricompost.

Tratamientos	Volumen Inicial	Volumen Final					
		Material fino		Material grueso		Pérdida	
	---m^3--	---m^3--	--%--	---m^3--	--%--	---m^3--	--%--
T1	0,15	0,0451	30,07	0,0624	41,60	0,0425	28,33
T2	0,15	0,0531	35,40	0,0394	26,27	0,0575	38,33
T3	0,15	0,0556	37,07	0,0269	17,93	0,0675	45,00
T4	0,15	0,0560	37,34	0,014	9,33	0,08	53,33

En el cuadro anterior es importante resaltar que el tratamiento T4 (con activador orgánico), logró reducir un 90.67% de volumen inicial, restando un 9.33% para posterior reutilización.

A continuación la Figura 3, muestra el análisis estadístico del porcentaje de volumen descompuesto de materia fina del compost.

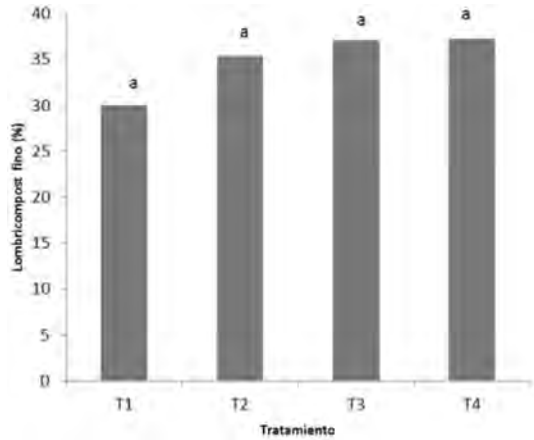


Figura 3.

Degradación del lombricompost de la materia fina por efecto de los cuatro tratamientos.

T1(Fase I: sin activador- Fase II: sin activador); T2(Fase I: sin activador-Fase II: con activador); T3(Fase I: con activador-Fase II: sin activador); T4(Fase I: con activador; Fase II: con activador).

Como se puede observar en la Figura 3 el T4 y T3 fueron los tratamientos que obtuvieron el mayor porcentaje de descomposición ya que estos fueron los que obtuvieron el activador orgánico desde la Fase I.

El T3 a diferencia del T4 no recibió activador orgánico durante la segunda fase, por lo cual se observa que no influye mucho si no se coloca el activador orgánico durante el lombricompostado (Fase II), si ya fue colocado durante el compostado (Fase I).

Los tratamientos T2 y T1 fueron los que obtuvieron un menor porcentaje de descomposición el T2 obtuvo activador orgánico durante la segunda fase a diferencia al T1 que no recibió activador en ninguna de sus fases por lo cual es claro el efecto que produce el activador en los diferentes tratamientos, pero no es de gran magnitud ya que no existe mucha variación en cuanto a la descomposición de los diferentes tratamientos.

Microfauna en el compost

El análisis de microfauna muestra que los collembolas en el lombricompost a los 30 días fue mayor que a los 60 días lo cual nos indica que la actividad biologica fue mayor a los 30 días. La cantidad de ácaros en el lombricompost a los 30 días fue menor que

a los 60 días lo cual nos indica que la actividad biologica a los 60 días fue mayor. Esta diversidad microbiana permite que el proceso de descomposición continúe pese a los constantes cambios ambientales. Uno de los aspectos más interesantes relacionado al proceso de descomposición de la materia orgánica es que requiere la interacción de distintos grupos de microorganismos (Cornell Composting, sin fecha; Rynk, 1992; USDepartment of Agriculture, 2000; CalRecovery, 2005; Otten, 2007).

El lombricompost procesado fue sometido a bioensayos en cebada, todo esto con el fin de verificar la presencia de posibles compuestos fitotóxicos en el mismo. Se usó cebada (*Hordeum distichum*) de la variedad IBTA-80, fue elegida debido a que es sensible a los efectos fitotóxicos generados por la materia orgánica en descomposición.

Porcentaje de germinación por plantas registradas

Porcentaje de germinación por plantas registradas fue en proporción al número de plantas emergidas sobre el número de semillas sembradas.

El porcentaje de las plantas registradas presentan diferencias significativa a (p= 0.05) entre tratamientos y carece de significación entre semanas de evaluación. También la interacción semana por tratamiento fue no significativo a (p= 0.05) deduciéndose que los tratamientos tienen efectos que se expresan en forma diferenciada en las semanas evaluadas sobre el porcentaje de plantas evaluadas (Figura 4).

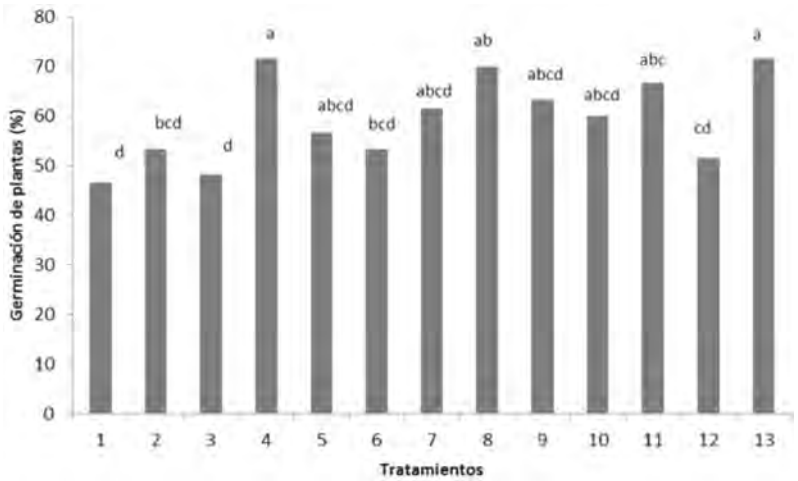


Figura 4.
Porcentaje de germinación de plantas por efecto de tratamientos a la segunda semana.

En los tratamientos 4 con 100% de lombricompost y 3 con un 100% de lombricompost presentan valores superiores de porcentaje germinación registrada entre el 60 a 70 % aproximadamente, en los valores de germinación de estos tratamientos el contenido del sustrato (100% de lombricompost) coadyuvo.

Los tratamientos 1 (testigo), 2 con 25% de lombricompost, 3 con 50% de lombricompost, 6 con 50% de lombricompost y el 12 con 50% lombricompost, presentan valores inferiores de porcentaje de germinación registrada en el 50% aproximadamente. El resto de los tratamientos presentan valores entre 50 al 60 %, siendo los porcentajes de germinación intermedios.

En el bioensayo, la altura de planta también fue significativo el efecto de las semanas y tratamiento (p=0.01). Pero la interacción el análisis reporta efectos independientes de los tratamientos respecto a las semanas evaluadas (p= 0.05). Por otra parte el número de plantas por unidad experimental fue significativo a (p=0.01) deduciéndose la existencia de variación de esta variable afectando a la altura de planta, es decir unidades experimentales con menor cantidad de plantas tienen mayor altura, entre tanto unidades experimentales con mayor cantidad de plantas tienen menor altura (Figura 5).

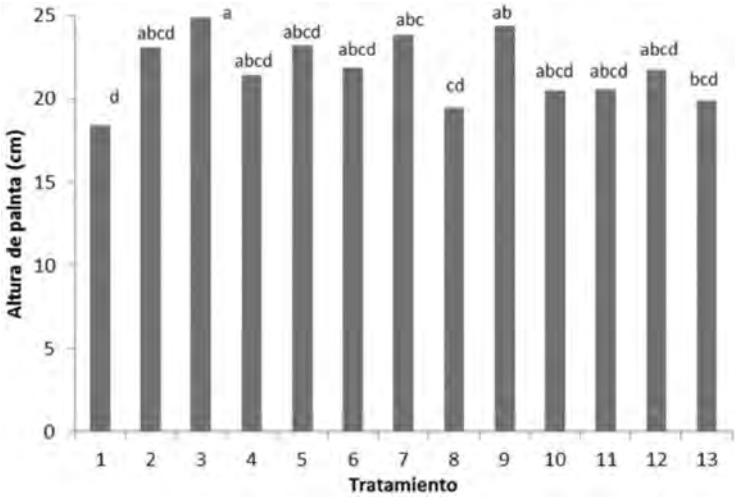


Figura 5.
Altura de planta por efecto de tratamientos en la tercera semana.

Bioensayo

a) Volumen de raíz

El volumen radicular, no es afectado por los tratamientos a (p=0.07) y obsérvese la covariable número de plantas por unidad experimental tiene variación significativa a (p= 0.01). Eso significa que hay efecto sobre el número de plantas, ese hecho se puede atribuir más a la viabilidad de la semilla que a los tratamientos.

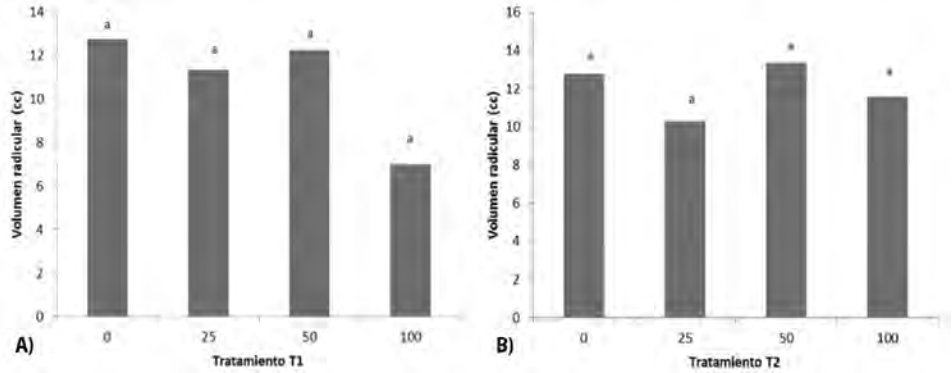


Figura 6.

A) Volumen radicular para el tratamiento 1. Tratamientos con la misma letra no son significativamente diferentes (p=0.05). B) Volumen radicular para el tratamiento 2. Tratamientos con la misma letra no son significativamente diferentes (p=0.05).

Como se puede observa en la Figura 6 A), según el análisis estadístico no hay efecto del sustrato ni diferencias entre estos tratamientos. Según la figura se puede observar que no hay fitotoxicidad para el normal desarrollo de las raíces ya que no es afectada por los tratamientos, debido a que todos no son significativamente diferentes.

Según el resultado del análisis estadístico como se puede observar en la Figura B), no hay efecto del sustrato ni diferencias entre estos tratamientos.

Estas figuras muestran que no hay fitotoxicidad para el normal desarrollo de las raíces ya que no es afectada por los tratamientos, debido a que todos no son significativamente diferentes.

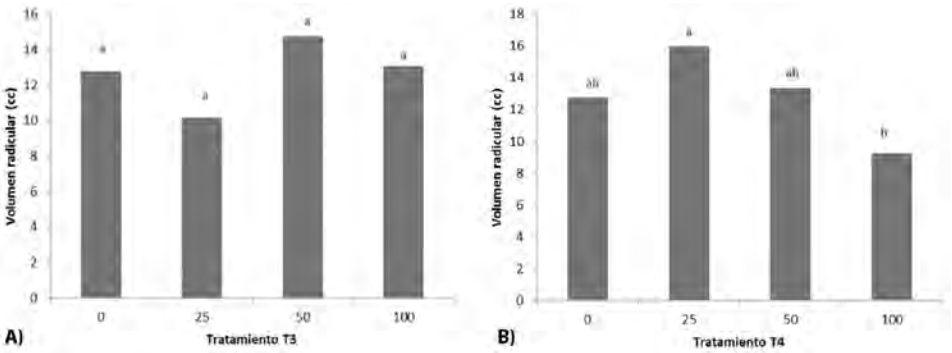


Figura 7.

A) Volumen radicular por efecto de tratamiento 3. Tratamientos con la misma letra no son significativamente diferentes (p=0.05). B) Volumen radicular por efecto de tratamiento 4. Tratamientos con la misma letra no son significativamente diferentes (p=0.005).

De igual manera para este tratamiento según el análisis estadístico no hay efecto del sustrato ni diferencias entre estos tratamientos. Esto nos indica que no hay fitotoxicidad para el normal desarrollo de las raíces ya que no es afectada por los tratamientos, debido a que todos no son significativamente diferentes.

Como se observa en la Figura 7 B), en el resultado del análisis estadístico los únicos que difieren son los tratamientos con 25% de lombricompost el cual contiene desde el inicio de la etapa activador orgánico siendo el superior y 100% de lombricompost con activador orgánico desde el inicio siendo el inferior en el que puede haber efectos negativos con esta dosis resultando fitotoxico para el crecimiento de la raíz.

b) Coloración de hojas

La evaluación del color de la planta fue significativo tanto en sus efectos simples (p= 0.01) como la interacción de semana por tratamiento a (p=0.05), es decir que los efectos de sus tratamientos dependen de días transcurridos. La semana uno presenta en la mayoría de los tratamientos plantas categorizadas con el color C (amarillento), con déficit de N en las plantas, en la semana dos el color B (verde pálido), nivel intermedio entre ambos y en la semana 3 el color A (verde intenso), lo cual refleja buena nutrición con N. Este comportamiento se observó en los tratamientos 4, 5, 9, 10, 11, 12 y 13 respectivamente, en este se nota claramente que a mayor tiempo la nutrición de N aumenta para las plantas, lo que demuestra una coloración de A, ya que el N más que cualquier otro elemento, facilita el color verde oscuro debido a que producen grandes cantidades de clorofila, un pigmento verde oscuro (Plaster, 2000).

Agradecimientos. Los autores agradecen el financiamiento de FONTAGRO.

Referencias citadas

Alvarado, E.2007. Campaña por la calidad de vida. Residuos sólidos entre el problema y las soluciones. Oruro, Bolivia.

Barrena, R. (2006). Compostaje de residuos sólidos orgánicos. Aplicación de técnicas respirométricas en el seguimiento del proceso. Memoria de Tesis en opción al grado de Doctor en Ciencias. Universidad Autónoma de Barcelona. Barcelona.

Finstein, M.S., F.C. Miller y P.F. Strom, 1986. Monitoring and evaluating composting process performance. Journal WPCF 8.

Labrador, J. 2001. La materia orgánica en los agrosistemas. 2ª ed. Editorial Mundi-Prensa. España.

Otten, L. 2007. Recycling organic wastes: Science and technology. Short course on ISWM at Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Habana,Cuba.

Paz, L., 2008 Evaluación de Activadores orgánicos en un proceso de compostaje Para el reciclaje de Residuos Orgánicos Urbanos. Tesis para optar el grado de Magister en Ciencias Ambientales FCYT, Universidad Mayor de San Simón, Cochabamba

Schuldt, M. 2006. Lombricultura/ Worm Cultivation: Teoria y práctica. Ediciones Mundi-Prensa Libros.

Vitorino, B. et al., 1994 Lombricultura Práctica. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Cusco.

Efecto de diferentes cepas de bacterias promisorias en plantas de quinua (*Chenopodium quinoa*) en condiciones de invernadero

Marlene Angulo; Omar Mollinedo; Mayra Claros; Noel Ortuño.

Fundación PROINPA.

E-mail: n.ortuno@proinpa.org

Resumen

Entre las poblaciones bacterianas se encuentran aquellas que cumplen funciones como la fijación de nitrógeno y solubilización del fósforo, entre estas las del género ***Bacillus*** y ***Paenibacillus***, lo cual no es conocido en las plantas de quinua, por lo cual se decidió estudiar el efecto de 13 cepas de bacterias promotoras de crecimiento y seleccionar la mejor cepas por mayor capacidad de promover el crecimiento de las plantas de quinua. Inicialmente se dispone 13 cepas de bacterias seleccionadas en cultivos de rábano y lechuga, las que fueron identificadas como ***Bacillus pumillus*** (solubilizadores de fósforo) cepas 1Bp, 2Bp, 3B, 4Bp, 5Bp, ***Staphylocolus epidermidis*** cepa 139, ***Bacillus simplex***, resultado de una tesis de maestría en papa (fijador de nitrógeno) cepas 143 y 149, ***Paenibacillus odorifer*** (fijador de nitrógeno) 1p, 2p, 3p, 4p, 5p. Estas cepas más un testigo sin inocular, fueron evaluadas en invernadero utilizando el diseño bloques completos al azar con 4 repeticiones. En la altura de planta las cepas 1Bp y 5Bp ***Bacillus pumillus*** (solubilizadores de fósforo), 139 ***Staphylocolus epidermidis,*** 143 ***Bacillus simplex,*** 2p, 3p y 4p ***Paenibacillus odorifer*** presentaron mayor altura (entre 78.73-63.72 cm), frente al testigo y el resto de las cepas (59.80-37.1 cm); el peso de panoja fue mayor con las cepas 4p y 3p ***Paenibacillus odorifer*** (de 11.24 y 9.47 correspondiente), en comparación al resto de las cepas y el testigo (entre 7.63-1.37 gr), el resto de las variables peso raíz, longitud de raíz y volumen de raíz no existieron diferencias significativas, lo que indican que las cepas fueron de la misma manera. En base a las variables altura y peso de panoja las cepas 4p y 3p coinciden en mejores características, por lo que podrían ser cepas promisorias como fijadoras de nitrógeno en el cultivo de quinua.

Palabras claves: Quinoa; *Bacillus pumilus; Paenibacillus*.

Introducción

La quinua es cultivada mayormente en la zona Andina, se caracteriza por su alto valor nutritivo en la semilla por el contenido de aminoácidos similares al de los animales (Carrasco *et. al*., 2003). Las bacterias promotoras de crecimiento (PGPR) son aquellos que están muy relacionados a la raíz y existe una asociación de beneficio mutuo (Gray y Smith, 2005). El mecanismo principal de los promotores de crecimiento incluye la producción de fitohormonas, sideróforos, antibióticos induciendo a una resistencia sistémica a patógenos, a la solubilización y movilización de fosfatos (Kumar et al. 2011). La fijación de nitrógeno es la utilización de N_2 (forma gaseosa) como fuente de nitrógeno, en el que solamente algunos microorganismos tienen la capacidad de fijar nitrógeno. El fósforo es un elemento insoluble en el suelo y las plantas para asimilar utilizan el fósforo solubilizado por microorganismos, entre ellos las bacterias encontradas en la rizósfera (Magallon y Dion, 2009). Entre estas poblaciones bacterianas, el género Ba*cillus* y *Paenibacillus* son frecuentemente encontrados en diversos cultivos como promotores de crecimiento vegetal (Kumar *et al*., 2011). Por otro lado esos efectos son poco conocidos en las plantas de quinua, siendo importante evaluar la posibilidad de promover el crecimiento, fijación denitrógeno o solubilizar el fósforo del suelo a través de un estudio, para lo cual se estableció lo siguiente:

- Determinar el efecto de 13 cepas nativas de bacterias endófitas, en el cultivo de la quinua, de las cuales se conoce su acción funcional.
- Seleccionar las cepas que promuevan un mejor crecimiento en las plantas de quinua.

Materiales y métodos

Ubicación del ensayo.- El presente trabajo se realizó en predios del centro experimental de Quipaquipani, el cual, está ubicado a 41 Km de la ciudad de La Paz, 4 Km del municipio de Viacha, a 16º 40' 30"de latitud sur y a 68º 17' 58" longitud oeste y con una precipitación de 368 mm/año.

a) Origen de los aislamientos

Una colección de bacterias ha sido aislada en el laboratorio de microbiología de la Fundación PROINPA, a partir del tejido vegetal de tallo, raíces y hojas, los cuales fueron sometidos a evaluaciones en invernadero y se realizó la selección e identificación de 13 cepas de bacterias en base a las mejores características agronómicas del cultivo de lechuga y rábano y la acción funcional respectiva a cada cepa:

- 1Bp, 2Bp, 3B, 4Bp, 5Bp *Bacillus pumillus* (solubilizadores de fósforo).
- 139 *Staphylocolus epidermidis*, 143 y 149 *Bacillus simplex*, resultado de evaluaciones en plantas de papa (fijador de nitrógeno).
- 1p, 2p, 3p, 4p, 5p *Paenibacillus odorifer* (fijador de nitrógeno).

b) Obtención del inóculo

Estos aislamientos han sido multiplicados y formulados en sólido en el laboratorio de Microbiología de Cochabamba.

C) Inoculación

La inoculación se realizó al momento de la siembra, se contaron 10 semillas por maceta, las mismas fueron peletizadas pesando 0.5 gr de inóculo/maceta añadiendo agua hasta formar una pasta semi-sólida al cual se añadió la semilla y se dejó secar bajo sombra hasta el momento de la siembra.

D) Diseño experimental

Las 13 cepas más 1 testigo conformó 14 tratamientos, cada unidad experimental consto de 4 macetas al que se aplicaron cada tratamiento, se sembraron 10 semillas inoculadas en cada maceta. Estos tratamientos fueron acomodados de acuerdo al diseño de bloques completos al azar con 4 repeticiones.

Cepas	Tratamientos
1 Bp	T 1
2 Bp	T 2
3 Bp	T 3
4 Bp	T 4
5 Bp	T 5
139	T 6
143	T 7
149	T 8
1 p	T 9
2 p	T 10
3 p	T 11
4 p	T 12
5 p	T 13
TESTIGO	T 14

Variables de respuesta

- Altura de planta: se tomó la medida desde el cuello de la planta hasta el ápice de la panoja en cm.
- Peso panoja: se tomó el peso de solo la panoja en gramos.
- Peso raíz: se cortó la parte de cuello de la raíz y se peso en una balanza cada raíz.
- Volumen de raíz: se tomó la medida en probeta con agua para calcular la diferencia en ml.
- Longitud de raíz: se pesó cada raíz en una balanza en gr.

Cada una de estas variables se analizó de acuerdo al siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ij}=m + b_i + a_j + e_{ij}$$

Donde:

- **i**= 1,2,3,4 bloques.
- **j**= 1,2,3,4,5 aislamientos de bacterias más el testigo.
- $\mathbf{Y_{ij}}$= valor de una variable de respuesta observado en el i-esimo bloque donde se aplicó el j-esimo aislamiento de bacteria.
- **m**= media general
- $\mathbf{b_i}$= efecto aleatorio del i-esimo bloque
- $\mathbf{a_j}$= efecto fijo de los aislamientos de bacterias.
- $\mathbf{e_{ij}}$= efecto aleatorio de los residuales.

En base al modelo planteado, se realizaron el análisis de varianza y la comparación de medias.

Resultados

Altura de planta

La altura de planta fue diferente entre las cepas (Cuadro 1) lo que indica que al menos una de las cepas presenta mayor altura de planta. De acuerdo a la Figura 1, las cepas que presentaron mayor altura de planta son 1Bp y 5Bp (*Bacillus pumillus*), 139 y 143 (i), 2p, 3p y 4p (*Paenibacillus odorifer*), las mismas fueron de 78.73-63.72 cm, el resto de las cepas presentaron la misma altura frente al testigo sin inocular, los cuales se encontraban entre 59.80-37.1 cm. En orden descendente, las cepas de *Paenibacillus odorifer* seguido de *B. pumilus* y *B. simplex* indican que fueron las cepas de mejor relación microorganismo-planta, en este caso, es favorable para el desarrollo en cuanto a la altura de planta en el cultivo de la quinua, según Jaeger *et al*. (1999) la interacción de estas bacterias depende del tipo de cultivo para poder cumplir con sus funciones, principalmente de la composición de los exudados de la raíz.

Cuadro 1.
Análisis de varianza.

Variables de respuesta	GL	SC	CM	F	Pr > F	
ALTURA PLANTA	13	276.898.591	0.21299892	1.90	0.0385	**
PESO PANOJA	13	233.327.450	0.17948265	2.12	0.0191	**
PESO RAIZ	13	0.90101493	0.06930884	0.83	0.6311	NS
LONGITUD RAIZ	13	1.755.598.247	135.046.019	1.71	0.0700	NS
VOLUMEN DE RAIZ	13	145.760.128	0.11212318	1.23	0.2718	NS

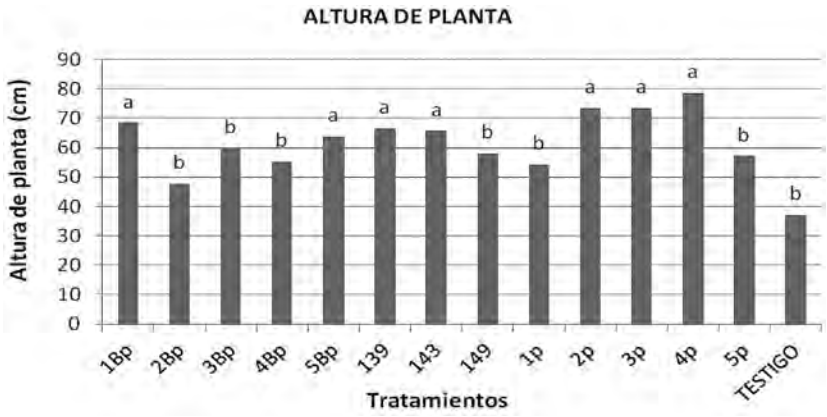


Figura 1.
Altura de planta de cada una de las cepas.



Figura 2.
Evaluación de la altura de planta.

Peso de panoja

El peso de panoja fue diferente entre las cepas (Cuadro 1), los tratamientos que presentaron mayor peso de panoja fueron 3p y 4p (*Paenibacillus odorifer)*, estas oscilaban entre 11.24 y 9.47 gr. correspondiente, lo que coincide con los tratamientos encontrados para altura de planta, el resto de los tratamientos fueron de igual y mayor peso de panoja frente al testigo sin inocular (entre 7.63-1.37 gr). Muchas especies del genero *Bacillus* y *Paenibacillus* contribuyen significativamente a la fijación de nitrógeno a los cultivos incrementando el llenado de grano como el trigo canadiense (Priest, 1993).

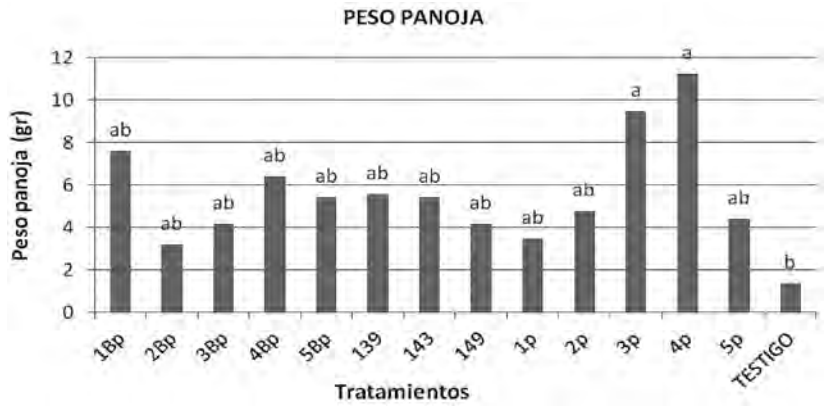


Figura 3.
Peso de panoja de cada una de las cepas.

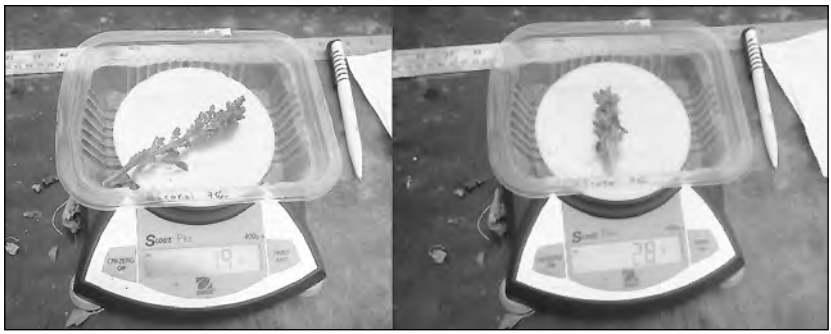


Figura 4.
Evaluación del peso de la panoja.

Peso de raíz

El peso de raíz fue el mismo entre los tratamientos, lo que indica que no hubo efecto en el peso de la raíz por las bacterias.

Longitud de raíz

La longitud de raíz fue de la misma manera para cada uno de los tratamientos, las cepas de bacterias no tuvieron efecto sobre el tamaño de raíz.

Volumen de raíz

El volumen de raíz fue el mismo entre los tratamientos, al igual que peso de raíz y longitud de raíz.

Conclusiones

En base a los objetivos y los resultados obtenidos se concluye que:

- Las cepas que tuvieron efecto sobre el cultivo de la quinua fueron 1Bp y 5Bp (*Bacillus pumillus*) solubilizadores de fósforo, 139 y 143 (*Bacillus simplex*) fijadores de nitrógeno, 2p, 3p y 4p (*Paenibacillus odorifer*) fijadores de nitrógeno sobre altura de planta, 3p y 4p para peso de panoja.
- Las cepas 3p y 4p fueron los que coincidieron en altura de planta y peso panoja, siendo este último la variable más relacionada a rendimiento que el testo de las cepas (1Bp, 5Bp, 139, 143 y 2p) que presentaron mayor altura.
- Las cepas 3p y 4p de *Paenibacillus odorifer* representan ser promisorias para el desarrollo de la planta y el rendimiento.

Agradecimientos. Los autores agradecen al financiamiento al proyecto IP-Holanda.

Referencias citadas

Carrasco C., Espinoza C., Jacobsen E., 2003, Nutricional Value and Use of the Andean Crops Quinoa (*Chenopodium quinoa*) and kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*), Food Reviews International, Volume 19, Issue 1-2.

Gray E. y Smith D., 2005, Intracellular and extracellular PGPR: commonalities and distinctions in the plant–bacterium signaling processes, Soil Biology and Biochemistry, Volume 37, Issue 3, Pages 395–412.

Jaeger Ch. III, Lindow S.E., Miller W., Clark E., Firestone M.K., 1993, Mapping of sugar and amino acids availability in soil around roots with bacterial sensors of sucrose and tryptophan, Appl Environ Microbiol 65:2685-2690.

Kumar A., Prakash A., Johri B., 2011, Bacillus as PGPR in Crop Ecosystem, Departament of Biotecnology and Bioinformatics Centre, Barkatullah University, Bhopal 462026, Madhya Pradesh, India.

Magallon P., Dion P., 2009, Curso practico-teórico de microbiología Agrícola: Importancia de los microorganismos promotores de crecimiento vegetal para los pequeños productores de Bolivia, Fundación PROINPA, Cochabamba-Bolivia.

Priest F., 1993, Systematics and ecology of Bacillus. In: Sonenshein A. L., Hoch J., Losick R. (eds),Bacillus subtilis an other gram positive bacteria, biochemistry, physiology and molecular genetics, American Society for Mycrobiology Press, Washington, DC, pp 3-16.

Efecto del estiércol de Llama (*Lama glama*) mejorado en la calidad de grano de quinua (*Chenopodium quinua* Willd.)

Isaac Mamani[1]; Alejandro Bonifacio[2].

[1] Facultad de Agronomía, UMSA.

[2] Fundación PROINPA.

E-mail: a.bonifacio@proinpa.org y alejandrobonifacio@gmail.com

Resumen

En la Estación Experimental de Quipaquipani, Viacha, se ha elaborado el estiércol tratado de llama y la incorporación en diferentes dosis (0, 5 y 10 t ha^{-1}) para evaluar la respuesta de la quinua variedad Jacha Grano. El trabajo ha mostrado que es posible obtener estiércol tratado de llama en un periodo de 45 días en el sistema fosa y adición de activadores de descomposición. Por otra parte, los resultados de la aplicación en quinua muestran que las dosis empleados han tenido respuesta favorable con diferencias estadísticamente significativas en altura de planta y rendimiento, obteniéndose 3592.5 y 3447.5 kg ha^{-1}con dosis de estiércol tratado frente a 2617.5 kg ha^{-1}del testigo. De la misma forma la altura de planta fue favorecida con aplicación de estiércol tratado, alcanzando entre 86.540 y 83.583 cm frente 76.980 del testigo sin aplicación. El efecto del estiércol también se ha reflejado en diferencias en la calidad del grano y la germinación de la semilla. El 48% de grano grande se ha obtenido para la dosis de 5 t ha^{-1} de estiércol tratado de llama, 51% de grano grande para la dosis de 10 t ha^{-1} de estiércol y el 47% de la muestra de categoría grande para el testigo (0 t ha^{-1}). El porcentaje de germinación en las primeras 6 horas de prueba, ha mostrado el efecto favorable para los tratamientos con estiércol, aunque las diferencias no fueron evidentes a las 24 horas de prueba.

Palabras claves: Estiércol de llama; rendimiento; calidad de grano.

Introducción

La materia orgánica tiene beneficios múltiples para el suelo, los micro organismos y para la planta. La producción orgánica es una alternativa para enfrentar los efectos del cambio climático se constituye en el pilar fundamental de la sostenibilidad de la producción y la subsistencia de la humanidad. Es por ello que se siguen buscando es-

trategias que ayuden a preservar la productividad de nuestro recurso suelo. Entre los componentes de la estrategia de conservar la productividad, se encuentran los métodos de añadir fertilidad a los suelos tanto desde el punto de vista edáfico así como de los cultivos biológicos tratando de dar alguna manera solución a la álgida situación de la degradación de los suelos.

Con el cultivo de la quinua, se ha realizado pruebas de incorporación de estiércol u otras fuentes de materia orgánica en variadas dosis, diversos estados de descomposición, profundidades, etc.., y se sigue buscado alternativas en ese intento de aumentar la fertilidad de los suelos altiplánicos.

Últimamente, la mayor demanda externa es por la quinua orgánica, esto es, quinua producida sin la intervención de fertilizantes químicos o inorgánicos, ni el uso de agroquímicos en la protección contra enfermedades e insectos dañinos. Amplios sectores de productores de quinua están conscientes de las ventajas de la producción orgánica, por lo que desean alternativas tecnológicas de incorporación de abonos de procedencia netamente orgánica para producir quinua para la exportación.

Ante la ampliación de la superficie de siembra de quinua, es evidente la preocupación de productores y de instituciones ligadas al desarrollo rural, por la sostenibilidad de la producción orgánica de quinua viéndose con interés la incorporación de materia orgánica como un medio para mantener o aumentar la productividad. El empleo del estiércol de llama es de particular interés para la producción de quinua, puesto que la quinua y la llama forman un sistema complementario de producción en la mayor parte de las zonas productoras del altiplano. A pesar de la importancia del estiércol de llama para producir quinua, no se tiene mucha información sobre el tratamiento del estiércol así como los efectos del estiércol tratado de llama sobre el crecimiento de la quinua, el rendimiento y la calidad del grano de quinua.

Objetivos

- Obtener el estiércol tratado de llama para la producción de quinua.
- Evaluar el comportamiento agronómico del cultivo de la quinua, bajo el efecto del abonamiento del suelo con dos niveles estiércol mejorado de llama y un testigo.
- Evaluar el efecto del estiércol tratado sobre el tamaño de grano y su influencia en el porcentaje de germinación.

Materiales y métodos

La investigación se llevó a cabo en los predios del centro experimental de Quipaquipani dependiente de la Fundación PROINPA, que se encuentra ubicado en las proximidades de la ciudad de Viacha, provincia Ingavi, en el departamento de La Paz, geográficamente situada a 16º 40’ 30”de latitud sur y 68º 17’ 68” de longitud oeste encontrándose a una altura de 3880 msnm.

Quipaquipani presenta una precipitación media anual de 625 mm, de esta el 60 % corresponde a los meses de diciembre a marzo, el 40 % de abril a noviembre. La temperatura promedio anual tiende a variar de 10 a 11º C en verano, con promedio mínimo anual de 5.6º C en invierno. Las heladas se presentan con mayor frecuencia en la época de invierno.

La zona de estudio corresponde al paisaje planicie, no anegadizo con una pendiente suave de 0.56 % de micro relieve, ondulación muy ligera, con un drenaje externo moderado y con drenaje interno moderadamente lento. Los suelos de la zona son de origen aluvial reciente con deposiciones finas, presenta una profundidad efectiva de 25 a 32 cm ofreciendo bastante facilidad de laboreo y que responde adecuadamente a la incorporación del material orgánico e inorgánico.

El estiércol empleado en el estudio proviene del módulo de cría de llamas del Centro Quipaquipani. Este estiércol fue sometido a tratamiento de compostaje mediante la metodología sugerida por Chilón (2011), la cual consiste en una serie de pasos que se describen a continuación:

Se preparó el activador de descomposición consistente en un litro de yogurt casero y dilución de este en cuatro litros de agua, formando cinco litros de solución. Esta solución se utilizó como fuente inoculante de microorganismos para ser incorporados al estiércol fresco y acelerar su descomposición.

Para el tratamiento del estiércol primeramente se preparó una fosa superficial en el suelo con dimensiones de 2.5m x 1 m x 0.5 m. Debemos mencionar que se optó por la fosa, para reducir el efecto adverso de las bajas temperaturas, puesto que el trabajo se llevó a cabo a finales de la época seca (inicio de la estación de invierno). Posteriormente se procedió a la conformación de la pila colocando una capa de 20 cm de estiércol fresco dentro la fosa cavada, luego se espolvoreó con ceniza sobre la capa de estiércol. La finalidad de la ceniza fue por su función reguladora de pH y además como fuente de minerales principalmente fósforo y potasio (Valiño, 2000). Una vez espolvoreada la ceniza sobre el estiércol se procedió a la inoculación del mismo con la solución de yogurt casero previamente preparado. La inoculación se realizó por una sola vez durante todo el proceso. Los pasos se repitieron varias veces hasta formar una pila con una altura aproximada de 1.2 m. Una vez formada la pila se procedió a la instalación de los respectivos respiraderos ya que esta metodología responde a un proceso aeróbico. La pila formada fue cubierta por agrofilm para evitar pérdidas en el proceso de descomposición además de proteger de las inclemencias del tiempo.

La pila de descomposición fue regada según necesidad durante el proceso. Se observó un mayor requerimiento de agua durante los primeros días por las altas temperaturas que alcanzó el material en proceso de descomposición, por consiguiente se aplicó riego cada dos días y a medida que el proceso avanzaba los requerimientos de agua disminuyeron, alargándose así cada vez más los intervalos de riego.

Es importante indicar que la humedad es una de las condiciones para el buen desarrollo de la actividad y reproducción microbiológica durante el proceso de la fermentación, puesto que tanto la falta como el exceso de humedad son perjudiciales para la obtención final de un abono de calidad. La humedad óptima, para lograr la mayor eficiencia del proceso de fermentación del abono, oscila entre un 50 a 60 % del peso (Sánchez, 1995).

La remoción del estiércol en la pila de descomposición se realizó manualmente a intervalos de siete días con regularidad hasta finalizar el proceso de descomposición, el objetivo de la remoción fue proporcionar la oxigenación necesaria para el proceso de descomposición. Cabe destacar que la presencia de oxigeno dentro de la mezcla es necesaria para la fermentación aeróbica del abono. Se calcula que dentro de la mezcla debe existir una concentración de 6 a 10% de oxígeno, en caso de exceso de humedad los micro poros presentan un estado anaeróbico, se perjudica la aeración y consecuentemente se obtiene un producto de mala calidad (Sánchez, 1995). Al terminar el proceso, el abono mostró sus principales características como es la retención de humedad. Una vez obtenido el estiércol tratado, se procedió a preparar las dosis previstas que son de 0, 5 y 10 toneladas por hectárea. El material de abono dosificado para cada tratamiento fue calculado considerando la materia seca como referencia.

La preparación del terreno se realizó con arado de disco, además del pase con rastra, y una vez efectuada la nivelación se procedió al delimitado del área experimental, incluyendo los bloques hasta sus respectivas unidades experimentales empleando cinta métrica, lienza y estacas.

La demarcación de las parcelas se realizó días antes de la siembra, también se delimitó el tamaño de los bloques, unidades experimentales y pasillos empleando estacas de madera y uniendo los puntos con trazos sobre la parcela experimental.

Para el presente trabajo de investigación se utilizó la variedad de quinua Jach´a Grano que presenta las siguientes características morfológicas y agronómicas (Proinpa, 2002): Color de planta verde, 5 días a la germinación, hábito de crecimiento simple, tipo de panoja glomerulada, 90 a 120 cm de altura, 45 días a panojamiento, 145 días a madurez, ciclo precoz.

La siembra se la realizó en la primera quincena del mes de noviembre (15 de noviembre) durante la campaña agrícola 2010 – 2011. Para la siembra se procedió a abrir surcos en número y longitud prevista en el diseño y el croquis de campo. El estiércol tratado y dosificado fue distribuido en la base del surco, posteriormente fue ligeramente mezclado con el suelo. La siembra se realizó por el método en hileras y distribuyendo la semilla a chorro continuo en las distintas unidades experimentales que estaban abonadas con distintas dosis de estiércol tratado, luego se procedió al tapado de la semilla con tierra adyacente al surco. El distanciamiento entre surcos fue 0.50 m y una densidad de 8 kg/ha.

Entre el material de campo se utilizó herramientas de trabajo, vernier, termómetro, cinta métrica, cámara fotográfica digital, estacas y letreros, regla metálica. Entre los material de Laboratorio se emplearon tubos de ensayo, cajas Petri, embudos, balanza y tamices de 2.5, 2, y 1.5 mm.

Para la evaluación, se marcaron al azar seis plantas de quinua después de una semana de la emergencia, para ello se empleó marbetes preparados de cartulina.

La investigación se realizó bajo el diseño experimental de bloques al azar. (Padrón, 1996).

Factor de estudio Factor: Niveles de abonamiento de estiércol mejorado de llama (*Lama glama*)

T0 = Testigo
T1 = 5 t ha-1 estiércol tratado de llama
T2 = 10 t ha-1 estiércol tratado de llama

Para el análisis estadístico se aplicó el siguiente modelo lineal aditivo basado en (Padrón, 1996)

Donde: $\mathbf{Yijk} = \mu + \infty i + \beta j + Eij$

Yijk = Una observación cualquiera
μ = Media general
∞i = Efecto del i-ésimo y tratamiento
βj = Efecto del j-ésimo bloque
εij = Error experimental

Las variables evaluadas fueron altura de planta medida empleando una regla metálica graduada en mm. Se ha medido las alturas de plantas marcadas a partir del nivel del suelo hasta donde termina la panoja, registrándose este dato en centímetros. Para determinar el rendimiento en grano se cosechó de cada unidad experimental una muestra representativa, dejando al descarte dos surcos laterales de bordura a cada lado y un metro de efecto de cabecera, evaluándose tres surcos principales procediendo posteriormente a la trilla y el venteado para obtener el rendimiento de la quinua de cada unidad experimental en g m^{-2}, luego este valor se convirtió a kg ha^{-1}.

Para la variable peso de 100 semillas, se las contó 100 granos con un contador electrónico y el peso fue registrado con una balanza electrónica de 0.01 g precisión.

La calidad del grano fue posible mediante la clasificación del grano empleando un juego de tamices calibrado para separar la muestra en 3 categorías. Para este propósito, una muestra de grano por cada tratamiento fue sometida al tamizado en calibrador de grano. Las diferentes categorías de grano fueron registradas en su peso para luego llevar a porcentaje de cada categoría en la muestras.

El estiércol tratado se obtuvo a los 45 días de procesamiento, obteniéndose un producto homogéneo en color, humedad, granulación, etc.

Resultados y discusiones

Cuadro 1.
Propiedades químicas del suelo (Análisis físico – químicos de suelos).

Parámetros	Unidades	Tratamientos		
		T0	T1(5 t ha^{-1})	T2(10 t ha^{-1}
pH acuoso		6.8	7.8	8.1
Fosforo disponible	P / mg*kg-1	14	67	150
Nitrógeno total	%	0.069	0.082	0.10
Potasio intercambiable	Cmolc/kg	0.52	2.8	2.5
Clase textural		Franco arenoso	Franco arenoso	Franco arenoso

Fuente: Laboratorio de calidad ambiental, UMSA.

En el Cuadro 1 se observa que el pH del suelo es de 6.8 para el testigo, 7.8 para el tratamiento de 5 t ha^{-1} y 8.1 en la unidad con dosis de 10 t ha^{-1}. El fósforo disponible en la parcela testigo fue de 14 P / mg*kg^{-1}y el fósforo disponible con dosis de estiércol mejorado ha llegado a presentar niveles que superan al testigo con incremento de fósforo creciente para las dosis de 5 y 10 t ha^{-1} alcanzando valores de 67 y 150 P / mg*kg^{-1} respectivamente. Lo que demuestra la eficiencia de la aplicación de abonos al suelo para incrementar el fósforo disponible.

El potasio intercambiable para el testigo fue de 0.52 Cmolc/kg, 2.8 para el tratamiento con 5 t ha^{-1} y 2.5 para el tratamiento con 10 t ha^{-1}. La clase textural del suelo no es afectada por la adición de abonos. Estos resultados pueden ser atribuidos a la capacidad tamponadora o amortiguadora de la materia orgánica humificada sobre el pH del suelo. El potasio intercambiable, es uno de los nutrientes esenciales que se relaciona con la calidad del cultivo (Chilón, 1997).

El nitrógeno total, en los distintos tratamientos presentó contenidos ascendentes para los tratamientos, el testigo presentó 0.069%, el estiércol tratado de llama con 5 t ha-1 registró 0.082 % que son considerados bajos, sin embargo el tratamiento con estiércol mejorado de llama en la dosis de 10 t ha-1, presentó 0.10 %, parámetros considerado como alto contenido de nitrógeno (Chilón, 1997).

Cuadro 2.
Análisis de varianza para altura de planta por efecto del abonamiento con estiércol tratado de llama.

Fuentes de variación	GL	SC	CM	FC	Pr>F	Significancia
Bloque	3	104.53	34.8426	0.52	0.6737	NS
Tratamiento	2	1376.293	229.3823	3.43	0.0196	*
Error	6	1205.07832	66.9587			
CV	9.47					

El análisis de varianza para la altura de planta (Cuadro 2) muestra que existen diferencias significativas en la altura de planta para los niveles de estiércol tratado, lo que refleja el efecto diferenciado de la aplicación de estiércol sobre la altura de plantas. Las diferencias entre bloques no son significativas, deduciéndose que el suelo y otros factores ambientales fueron más o menos similares. El análisis de varianza reporta un coeficiente de variación del 9.47 % lo que demuestra la confiabilidad de los datos.

Cuadro 3.

Prueba de Duncan (5%) para la altura de planta con niveles de abonamiento.

Dosis de abono	Altura de planta (cm)
T2 (10 t ha^{-1})	**86.540 A**
T1 (5 t ha^{-1})	**83.583 B**
T0 (0 t ha^{-1})	**76.980 C**

La prueba de Duncan para la altura de planta (Cuadro 3), refleja la formación de tres grupos que corresponden a cada uno de los tratamientos, siendo la mayor altura promedio para el tratamiento con 10 t ha^{-1} (86.5 cm), le sigue la altura alcanzada con el tratamiento de 5 t ha^{-1}(83.5 cm) y finalmente el testigo con 76.9 cm. Estas diferencias en altura de planta se atribuyen a los efectos positivos de la aplicación de las distintas dosis de abono, que mejoró las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, provocando un incremento en altura de planta. Algunos autores sostienen que los abonos influyen positivamente, incrementando la productividad del cultivo (Camacho, 2006 y Chilón, 2011). Por otra parte, estas diferencias podrían atribuirse también a la asimilación de nutrientes de nitrógeno en mayor proporción (Chilón, 1997).

Cuadro 4.

Análisis de varianza para el rendimiento en grano por efecto de los niveles de abono en el suelo.

Fuentes de variación	GL	SC	CM	FC	Pr>F	Significancia
Bloque	3	2781446.4286	927148.8095	4.11	0.0219	*
Tratamiento	2	4323948.2143	720658.0357	3.20	0.0257	*
Error	6	4056316.0714	225350.8929			
CV	16.0					

El análisis de varianza para el rendimiento en grano (Cuadro 4), muestra diferencias estadísticas significativas para los bloques, lo que significa que el rendimiento fue influenciado por la heterogeneidad del suelo y que fue detectada por el análisis de varianza. Las diferencias entre tratamientos fueron significativas para el rendimiento en grano, mostrando que al menos uno de los tratamientos es diferente a los otros. El coeficiente de variación es del 16.00 % lo que demuestra la confiabilidad de los datos.

Cuadro 5.
Prueba de Duncan (5%), para el rendimiento en grano.

Tipos de abono	Altura de planta
1 T2 (10 t ha^{-1})	3592.5 A
2 T1 (5 t ha^{-1})	3447.5 A
3 T0 (Testigo)	2617.5 B

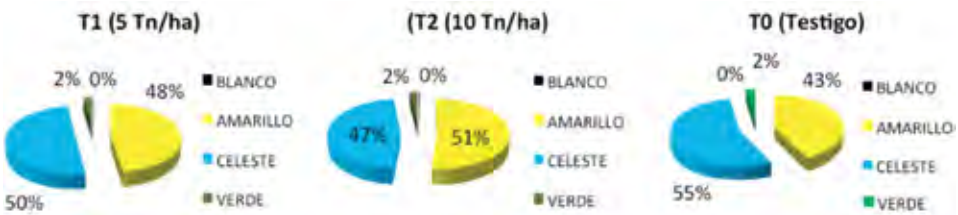
La prueba de Duncan para el rendimiento en grano, refleja la formación de dos grupos; uno formado por el rendimiento correspondiente a las dos dosis de abono y el otro formado por el testigo. Esto muestra claramente el efecto favorable de la incorporación de abono tratado sobre el rendimiento de grano donde la aplicación de estiércol mejorado de llama (5 t ha^{-1} y 10 t ha^{-1}), reporta rendimientos entre 3592.5 y 3447.5 kg ha^{-1} respectivamente, mientras que el testigo registró 2617.5 kg ha^{-1}.

Cuadro 6.
Análisis de varianza para el peso de 100 semillas.

Fuentes de variación	GL	SC	CM	FC	Pr>F	Significancia
Bloque	3	0.0008598	0.0002867	0.59	0.6285	NS
Tratamiento	6	0.0044500	0.0007417	1.53	0.2245	NS
Error	18	0.008721	0.0004845			
CV	3.6159					

El análisis de varianza para la variable peso de 100 semillas no presenta diferencias estadísticas significativas para los tratamientos con abono tratado de llama, lo que quiere decir que sus efectos del tratamiento no incluyen significativamente o no fueron detectadas.

El análisis de varianza para el peso de 100 semillas, proporciona un coeficiente de variación del 3.6159 % lo que demuestra la confiabilidad de los datos.



Tamiz blanco 2.5 mm ,Tamiz amarillo 2 mm, Tamiz celeste 1.5 mm y Tamiz verde < 1.5 mm

Figura 1.
Porcentajes de tamaño de grano clasificado por tamizado (2.5, 2.0 y 1.5 mm).

En la Figura 1 se aprecia que la aplicación de estiércol tratado tiene influencia sobre el tamaño de grano. Esto fue posible detectar mediante la técnica del tamizado de 200

g de muestra de grano. Para la dosis de 5 t ha^{-1}se alcanzó 48% de grano entre los diámetros de 2.4 y 2 mm que corresponde a la categoriza de grano grande (TA). El 50% de la muestra presento el tamaño entre 1.9 y 1.5 mm correspondiendo a la categoría mediano (TC). El 2% del grano fue registrado para el tamaño de grano menos a 1.4 mm, categorizándose como grano pequeño y algunas impurezas (TV). Cabe hacer notar que no se ha encontrado granos de tamaño superior a 2.4 m o categoría extra.

Los porcentajes de tamaño de grano obtenido con la dosis de 10 t ha^{-1} de estiércol tratado de llama registró 51 % de grano entre los diámetros de 2.4 y 2 mm correspondiente a la categoría de grano grande (TA). El 47% de la muestra se encontraba en la categoría de grano mediano con tamaño entre 1.9 y 1.5 mm (TC). El 2% del grano se encuentra con tamaño menor a 1.4 mm (TV) categorizándolo como grano pequeño y con impurezas.

El tratamiento testigo ha reportado 43% de la muestra con tamaño de grano entre 2.4 y 2 mm (TA) cuya categoría corresponde a grano grande. El 55% de grano corresponde a la categoría de mediano (TC) con diámetros entre 1.9 y 1.5 mm. Finalmente, el 2% de grano de diámetro menor a 1.4 mm categorizándolo como grano pequeño y con impurezas.

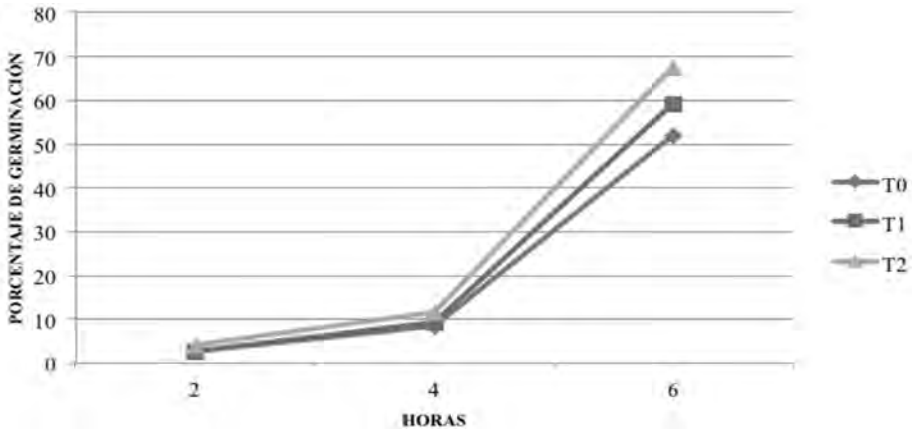


Figura 2.
Curva de germinación a tres intervalos de tiempo.

La curva de germinación (grano grande), muestra que a 6 horas donde el tratamiento con estiércol mejorado de llama de 10 t ha^{-1} alcanzó el 67% de germinación, el tratamiento con 5 t ha^{-1} alcanzó 59% y el el testigo alcanzó 52 % de germinación. Cabe mencionar que al cabo de 24 horas la semilla de todos los tratamientos alcanzó el 100 % de germinación. Lo anterior podría interpretarse sobre la base de que el estiércol tratado proporciona mayor vigor relativo a la semilla para germinar en menor tiempo.

Conclusiones

- Bajo las condiciones del altiplano (Quipaquipani, Viacha), es posible tratar el estiércol de llama con la inoculación de activadores de descomposición, obteniéndose estiércol descompuesto en un periodo de 45 días.
- La aplicación del estiércol tratado de llama al cultivo de quinua tiene efectos favorables que se expresan en mayor altura de planta y mayor rendimiento en grano, mostrando diferencias estadísticas entre los tratamientos, obteniéndose 3592.5 y 3447.5 kg ha^{-1} con dosis de estiércol tratado y 2617.5 kg ha^{-1}con el testigo que no ha tenido estiércol.
- La altura de planta alcanzado con aplicación de estiércol tratado fue entre 86.540 cm para la dosis de 10 t ha^{-1}, 83.583 cm para la dosis de 5 t ha^{-1}y 76.980cm del testigo sin aplicación.
- La aplicación de estiércol tratado tiene influencia sobre el tamaño de grano, encontrándose 48% de grano grande para la dosis de 5 t ha^{-1}, 51% de grano grande para la dosis de 10 t ha^{-1} de estiércol y el 47% de la muestra de categoría grande.
- El porcentaje de germinación en las primeras 6 horas de prueba, ha mostrado el efecto favorable para los tratamientos con estiércol, aunque las diferencias no fueron evidentes a las 24 horas de prueba.

Referencias citadas

Camacho, N. 2006. Manual de buenas prácticas de manejo de cuencas hidrográficas. s.n.t. pp 45-55.

Chilón, E.1997. Fertilidad de suelos y nutrición de plantas. Prácticas de campo, invernadero y laboratorio /. Editor: CIDAT. 250 p.

Chilón, E. 1996. Manual de edafología: prácticas de campo y laboratorio. La Paz, Bolivia, Ed. CIDAT.290 p.

Chilón, E. 2009. Tecnologías ancestrales y reducción de riesgos del cambio climático: Terrazas precolombinas Taqanas Quillas y Wachus. 1ra ed. La Paz, Bolivia, Ed. Arte Imagen. 323 p.

Chilón, E. 2011. Compostaje alto andino, seguridad alimentaria y cambio climático (En línea). CienciAgro 2(2):261-268.

Padrón, E. 1996. Diseños experimentales con aplicación a la agricultura y ganadería. México, Ed. Trillas. 215p.

Proinpa, 2002. Variedad de quinua Jacha grano, http://www.proinpa.org/tic/index.php/home/quinua/variedades-de-quinua/91-variedad-de-quinua-jacha-grano. (Consultado, 7 de abril 2013).

Valiño, R. 2000. Alternativa para el mejoramiento de los suelos pardos con carbonatos, con el uso de minerales naturales y abonos orgánicos. s.l. Ed. UCLV. s.p.

Sánchez, J. 1995. No más desiertos verdes!: Una experiencia en agricultura orgánica. 1ra ed. San José, Costa Rica, Ed. CODÉESE. 195 p.

La ruta de la semilla en la difusión de variedades mejoradas

Milan Mamani; Alejandro Bonifacio; Amalia Vargas; Miriam Alcon; Genaro Aroni.

Fundación PROINPA.

E-mail: m.mamani@proinpa.org y a.bonifacio@proinpa.org

Resumen

La obtención de variedades mejoradas culmina con la multiplicación de semilla de categorías altas. Las posteriores instancias de producción suelen estar a cargo de entidades productoras de semilla. La semilla de quinua forma parte de un sistema que puede ser formal y familiar o no formal o comunitaria. En cada una de los sistemas se presentan actores o componentes por donde pasa la semilla, lo que constituye la ruta de la semilla para llegar desde el centro de mejoramiento al productor. Los criterios técnicos ligadas a la semilla (calidad, pureza, viabilidad etc.) no son únicos para los dos sistemas de semilla ni mucho menos para todos los actores del sistema. Es necesario conocer los actores, su rol en los sistemas, sus interrelaciones así como los aspectos de calidad de la semilla. Los actores que participan son diversos con roles explícitos e implícitos, cuyos criterios para la calidad de semilla varía según los actores. A esto se suma la respuesta de la semilla una vez sembrada en campo y finalmente la producción (variedad). Los actores del sistema de semillas en quinua son el Centro de Mejoramiento, el mantenedor de la variedad, la oficina de registro de variedades, oficina de certificación o control interno de calidad, la agencia de desarrollo, el productor o su organización y el comprador del producto (agroindustria). Los actores del sistema cumplen su función con eficiencia variable, algunos no se encuentran claramente reconocidos (mantenedor de variedades). Los criterios de calidad son aplicados de acuerdo a normas pre establecidas y control interno de calidad. Los criterios de calidad reportados por el laboratorio son parte de la norma. A estos criterios, los productores incluyen la emergencia, la adaptación, homogeneidad agronómica y homogeneidad de uso del producto. La emergencia depende de varios factores ambientales como la humedad del suelo en la siembra, la profundidad de siembra, enterrado de plántulas, el encostrado, etc. Si estos últimos factores afectan en mayor grado, el productor generalmente atribuye a una calidad deficiente de la semilla. De lo anterior se concluye que la ruta de la semilla es un complejo sistema con diversos actores que cumplen roles variados.

Palabras claves: Semilla; calidad; sistema; ruta; variedades.

Introducción

En el altiplano Boliviano, el cultivo de la quinua (*Chenopodium quinoa* Wild.), se presenta en amplia diversidad genética, siendo la mayor parte de esa diversidad adaptada a condiciones extremas predominantes del altiplano.

Históricamente el cultivo de quinua es conocido por sus elevadas cualidades nutricionales, siendo uno de los alimentos principales del hombre andino. Con la llegada de los españoles a América se introdujo otros cultivos de menor calidad nutritiva, los cuales desplazaron a los tradicionales, razón por la cual la quinua pasó a constituirse en un cultivo marginal practicado por algunas comunidades campesinas de la zona andina con tecnologías propias de su cultura. Sin embargo, con el reconocimiento de sus propiedades nutritivas por parte de consumidores de países desarrollados, la quinua ha recobrado su importancia a nivel nacional y mundial.

Bonifacio A. (2007), menciona que los granos de la quinua muestran alta calidad nutritiva debido a la presencia de aminoácidos esenciales, por lo cual es muy apreciada en el mercado local y extranjero, constituyéndose en un producto de exportación de Bolivia que genera ingresos económicos además de tener un rol importante en la soberanía y seguridad alimentaria de los habitantes del altiplano.

Actualmente, en el altiplano el cultivo de quinua se va extendiendo dentro la misma zona de producción como también hacia diferentes pisos ecológicos sembrándose en zonas no tradicionales de producción. La consecuencia de esto es la disminución de áreas de pastoreo para la ganadería camélida con la consecuente reducción de la fuente de estiércol, insumo básico para la producción orgánica de quinua.

En la actualidad no existen entidades que generen variedades y produzcan semilla de quinua de alta categoría, siendo la Fundación PROINPA la única que genera variedades y produce cantidades limitadas de semilla. Las categorías inferiores son producidas por grupos organizados y asesorados por instituciones. La difusión de la semilla tiene vías distintas que implica una serie de actores formales e informales. La semilla de quinua en la actual dinámica de producción de quinua, se constituye en un sistema complejo de actores que cumplen roles diversos. Los actores, los roles y los criterios de calidad no se encuentran descritos, lo cual no permite implementar planes de difusión eficiente de semilla de calidad en el altiplano.

Objetivos

- Caracterizar la modalidad de producción y distribución de semilla considerando criterios de calidad.
- Describir las rutas de la semilla de quinua de alta categoría en las comunidades que se trabajan dentro del altiplano.
- Evaluar el comportamiento de las variedades difundidas dentro las comunidades del Altiplano.

- Cuantificar el número de familias beneficiadas con la ruta de la semilla de alta categoría.

Materiales y métodos

El trabajo se ha realizado en las zonas productoras de quinua del altiplano Norte y Central y centrado en las variedades mejoradas y más difundidas de quinua: Jacha Grano, Blanquita, Surumi, Kurmi, Patacamaya, Chucapaca, Horizontes e Intinaira, además de algunas variedades de grano oscuro (café rojo y negro).

El trabajo de sistematización se realizó en el Centro de Investigación en Cultivos Andinos Quipaquipani la que está ubicada en las cercanías de la ciudad de Viacha, provincia Ingavi del departamento de La Paz. El Centro de investigación se encuentra situada a 41 Km. de la ciudad de La Paz y a 4 Km de la ciudad de Viacha, geográficamente se encuentra situada a 68º17´58" longitud oeste; 16°40´30" de latitud sur y una altura de 3880 msnm.

Las características agroecológicas de las zonas son variables años tras año, pero esta variabilidad del clima está siendo perturbado por el cambio climático teniendo una estación lluviosa en verano con fuertes tormentas de granizo, en los meses de diciembre a febrero. En cuanto la temperatura varía en promedios de 3-5 °C durante las noches a 23 °C durante el día de intensa radiación. Los suelos que predominan en el altiplano Centro y Norte tienen un origen aluvial con deposiciones finas, la profundidad varía de 20 a 30 cm con poca materia orgánica textura franco arcillosa, arenosa y con pH ligeramente básico.

Las zonas presentan una vegetación que predomina las especies nativas de tipo herbáceo y la mayoría pertenece a la familia Poaceas (gramíneas) de ciclo perenne además de otras especies herbáceas y arbustivas. Entre las especies cultivables se tiene la papa (*Solanum tuberosum),* quinua (*Chenopodium quinoa* Wild)), cebada *(Hordeum vulgare*), papaliza (*Ullucus tuberosum*), avena (*Avena sativa*), oca (*Oxalis tuberosum*), haba (*Vicia faba*), teniendo una rotación entre los cultivos siempre y cuando las condiciones de suelo permitan establecer cultivos oportunamente y la extensión superficial de cada cultivo es compatible con la rotación. Con respecto a la rotación, en los últimos años, se evidencia una tendencia de cultivar mayor superficie de quinua y menor superficie de papa, lo que no acompaña los deseables sistemas de rotación de cultivos.

Para identificar los actores del sistema de semillas, se ha realizado el acompañamiento de la generación de variedades, la validación de las mismas con grupos de productores, el establecimiento de parcelas demostrativas con variedades, la difusión de variedades, la capacitación en técnicas de producción y manejo del cultivo y la certificación.

Para el desarrollo de algunos aspectos puntuales del que hacer semillero, fueron necesarias los materiales tales como papelógrafo, marcadores de color, tarjetas de color, cronometro, material de apoyo (evaluación- planillas), bolsas de yute, romana, variedades

de quinua, desarmador, alicate, venteadora, lonas, bañadores y zaranda de 4mm, red, lienza, cinta métrica, pala, picota, rastrillos, estacas, azadón y hoz, Marbetes, bolsas, calibrador vernier, libreta de campo, cámara fotográfica, marcadores indelebles y otros.

El acompañamiento al proceso de mejoramiento conlleva la participación en la selección, evaluación de líneas, purificación varietal, cosecha, selección y pruebas de germinación. En el proceso inicial de difusión, las actividades fueron la validación de evaluación participativa, la validación de variedades y las parcelas demostrativas. En tema de producción de semilla, se ha participado y se ha realizado el acompañamiento en el manejo técnico del cultivo en predios del centro de mejoramiento como en parcela de productores que incluye actividades orientadas a obtener semilla de calidad en el sistema formal e informal. En la difusión propiamente dicha, se ha participado en la difusión de variedades (ferias, exposiciones, visitas, reuniones) y se ha realizado el acompañamiento y el seguimiento de la distribución de semilla. La distribución de semilla de parte de productores de semilla (formal e informal) consistió en la provisión de información sobre demandantes de semilla y el rango de adaptación de variedades. Finalmente, se ha realizado la identificación de entidades que demandan semilla con destino a sus beneficiarios (Gobernación, Municipios, Comunidades, Asociaciones, Grupos establecidos y personas independientes).

En la medida en que fue posible, la distribución de semilla va acompañado con la capacitación a sugerencia y pedido de aquellos que compraron semilla de alta calidad.

Resultados y discusión

La semilla de calidad se genera en el centro de mejoramiento, siendo principalmente categorías altas como la genética y básica, aunque periódicamente también se incluye las categorías certificada. La generación de variedades va acompañada por procesos de evaluación participativa y validación de variedades. Además, el proceso de mejoramiento implica una multiplicación inicial de semilla.

La semilla generada y multiplicada en cantidades razonables, es distribuida a productores organizados, entidades de desarrollo público y privado y productores individuales siguiendo una estrategia de difusión cuyo principio es difundir las variedades según su rango de adaptación, calidad del producto, aspectos de manejo ya sea para producir semilla o grano de consumo.

Las rutas de difusión que toma la semilla de quinua de alta calidad comienza en el Centro de investigación Quipaquipani que depende de la Fundación PROINPA aplicando principios técnicos de manejo de semilla, la que en tema de certificación coordina con el INIAF-Semillas. La semilla llega al productor de quinua por la relación directa del generador de variedades y el productor o por intermedio de líderes de grupo, entidades de desarrollo rural de naturaleza pública o privada.

En caso, la semilla manejada por los agricultores usualmente es una parte de la producción de grano de consumo. En la literatura se reporta que en muchos casos donde

la selección de semilla de los agricultores ha tenido efectos deseados y no deseados, conscientes e inconscientes en las características de ciertas variedades (Harlan, 1992 y Almekinders *et al*., 1994).

En las zonas de mayor diversidad genética y en áreas marginales los productores cultivan muchas variedades locales, estos se caracterizan generalmente por ser variedades que corresponden a las preferencias de los agricultores y se adaptan bien a las condiciones locales. La adaptación es el resultado de su diversidad genética (en la variedad) y del desarrollo local del cultivo a través del tiempo y por la combinación de la selección de semillas por los agricultores y la presión ambiental. En este tipo de agricultura, la semilla es exclusivamente de producción local.

La difusión de semilla de quinua mejorada permite visualizar la ruta de la semilla que es compleja. En la Figura 1 se representa el esquema de la ruta para el Altiplano Centro y Norte, pudiendo ser distinta para pisos ecológicos diferentes y micro zonas del mismo altiplano. La distribución de un gran número de relativamente pequeñas muestras de semilla de variedades mejoradas, a veces con información sobre las variedades y con fertilizantes, es utilizada para introducir nuevas variedades y semilla de calidad en el sistema local de semilla, asumiendo una posterior difusión vía intercambio de agricultor a agricultor (Grisley y Shamambo, 1993).

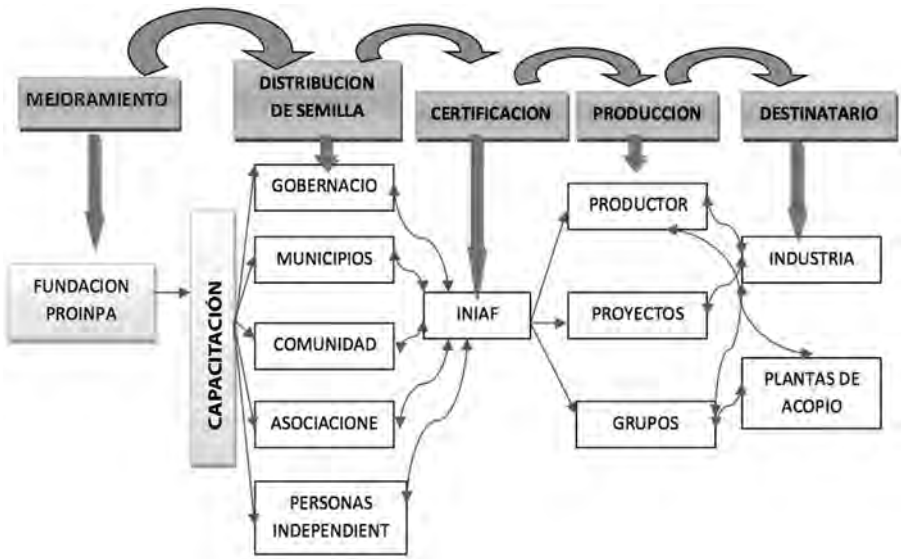


Figura 1.
Ruta de la semilla de variedades mejoradas en el Altiplano Centro y Norte.

En la Figura 1 se muestra el camino y el destino de la semilla que incluye diferentes actores organizados, individuales o institucionales ligadas a la promoción y a la producción de quinua con las variedades mejoradas por la Fundación PROINPA.

Las relaciones entre actores tienen la finalidad de acceder a la variedad, multiplicar y-o re multiplicar semilla, distribuir semilla entre los actores, producir grano de consumo, logrando en última instancia al aumento de la superficie de cultivo con la consecuente generación de ingresos económicos.

La producción de semilla está influenciada por una serie de factores tales como la disponibilidad de semilla de partida de categorías altas, la disponibilidad de variedades adaptadas, la fertilidad del suelo, humedad del suelo, riesgos naturales, factores bióticos adversos, tecnología producción de semilla, demanda de semilla, etc.

Según Baudoin 2009, en las últimas décadas existen numerosos estudios sobre la quinua y las grandes ventajas del acceso al mercado internacional provocando que los precios sean elevados incrementando la producción, sin embargo, para mayores volúmenes de producción, la semilla es la base para ampliar la producción.

En la Figura 2 se muestra los pasos que complementa en la obtención de semilla de alta categoría, para ello es necesario contar con equipos que facilitan el trabajo, entre ellas la sembradora, mochila fumigadora, venteadora, lonas, red, zarandas, bolsas, marbetes.



Figura 2.
Principales actividades técnicas implicadas en la producción de semilla

Dentro la producción de semilla certificada la Fundación PROINPA trabaja en forma directa e indirecta. Cuando el trabajo es de relación directa (Figura 2), las actividades técnicas están orientadas a la obtención de semilla de alta calidad, rendimiento por encima de lo aceptable (según la zona) y generar mayores ingresos económicos. Las actividades mencionadas en el esquema se integran en procesos complementarios tales como el manejo de demostrativas, manejo ¡de campos semillero, capacitación, manejo del cultivo, y validación de quipos preferentemente orientado a la producción de semilla y complementariamente con la producción de grano de consumo o para el mercado.

Los criterios de calidad de semilla formal se encuentran definidos en las normas generales y específicas de certificación. El cumplimiento de estas normas en imperativo para los productores, lo cual se verifica en las inspecciones de campo previstas y los resultados de análisis de laboratorio. Cumplida las instancias, el productor obtiene la certificación con la categoría correspondiente. Este proceso aparentemente sencilla, en la práctica es un proceso especializado que implica labores oportunamente realizadas como la elección del terreno, preparación del suelo, humedad apropiada del suelo, época apropiada de siembra, control de plagas y enfermedades incluida pájaros, oportunidad de cosecha, métodos de cosecha, secado, trilla, venteo y selección, envasado y almacenamiento. Toda esta situación que incluye actividades manejables por el productor y otras que dependen de la naturaleza. Por tanto, la producción de semilla no es tan simple, los problemas en cada una de las instancias se traducen en la baja calidad de semilla, escasa disponibilidad de semilla, precios de venta, etc. De lo anterior se deduce la necesidad de apoyar el productor de semilla en instancias técnicas, equipamiento, capacitación y comercialización. El énfasis en certificación de semilla sin el apoyo real y efectivo al productor, no podrá garantizar la disponibilidad de semilla de calidad.

Según la publicación de INIAF, las variedades que fueron certificadas son, Jacha Grano, Blanquita y Surumi, ya que estos no reflejan necesariamente la cantidad de semilla producida, (Directorio de Oferentes de Semillas Certificada e Importada, 2012).

En el sistema informal de producción de semilla o sistema artesanal (quinua comercial), se sugiere similares procedimientos técnicos. La calidad de semilla a obtenerse será alta aunque esa calidad es simplemente garantizada por la buena fe y la evidencia expresada en la pureza fenotípica de la semilla, puesto que esta semilla no tiene certificación. Las consideraciones técnicas y agroecológicas del sistema informal o familiar son similares al sistema formal con la excepción de la certificación.

El sistema tradicional de semilla en sistemas de autoconsumo y de amplia diversidad genética se rige por principios comunitarios de solidaridad, reciprocidad, ayuda mutua que en conjunto aseguran la conservación de la diversidad genética mediante el uso de dichos recursos en una visión de acceso a semilla y compartir sus beneficios en forma sostenible. Los criterios de calidad se basan en la pureza fenotípica, adaptación específica y de uso o consumo. Este sistema tradicional es el que ha perdurado por miles de años FAO (2006), ante el reducido impacto del sistema formal de semilla, sugiere otra alternativa como la semilla de calidad declarada. Este enfoque se ve como la más apropiada para aquellos cultivos y variedades preferentemente manejadas por pequeños productores.

Los criterios de calidad mencionadas para los productores de grano comercial o de consumo, son similares a las anteriormente descritas, sin embargo, se agregan otros criterios como la buena, regular o mala emergencia, la adaptación y el rendimiento. La emergencia depende de la viabilidad de la semilla, la humedad en la época de siembra, el encostrado, el desecamiento, enterrado de plántulas, etc. Esto generalmente se atri-

buye a la semilla, lo cual no siempre refleja la calidad intrínseca de la misma, al contrario puede ser fuertemente influenciado por condiciones de suelo donde fue sembrada la semilla.

Los criterios de calidad del comprador de quinua de consumo, generalmente radica en el tamaño y color permanente de grano, siendo considerada de alta calidad cuando es de tamaño grande tipo real y blanco cuando es lavado o beneficiado. Pudiendo ingresar en una misma categoría de calidad aquellos granos de color blanco, amarillo, rosado, anaranjado y crema con la condición de que después del beneficiado sea de color blanco. Similar situación es para los granos rojo, café o negra. Esta situación descrita brevemente, no siempre va paralelo con los propósitos de alta pureza propiciada por el sistema formal de certificación. Por tanto, es importante tomar criterios de industrialización según calidad específica por variedad, en cuyo caso, la pureza será determinante, por lo que la importancia de la certificación formal sería de mucha utilidad.

Cuadro 1.
Criterios de evaluación para la producción y distribución de semillas.

VARIEDADES DE QUINUA	**MORFOLOGIA DE LA PLANTA** (Largo, diámetro, forma de la panoja)			**G R A N O** (Tamaño de grano, color y uniformidad)		
	5  **BUENO**	**3**  **REGULAR**	**1**  **MALO**	**5**  **BUENO**	**3**  **REGULAR**	**1**  **MALO**
Jacha Grano	X			X		
Blanquita	X				X	
Kurmi	X			X		
Patacamaya		X		X		
Surumi	X			X		
Chucapaca	X				X	
Horizontes		X		X		
Intinaira	X			X		

La evaluación se fue complementada con el *Orden de Preferencias* técnica que permitió que los agricultores perciban criterios que de otra forma que pasaban desapercibidos para los investigadores, las cuales se define de acuerdo a la homogeneidad agronómica y la homogeneidad de uso del producto, pureza, resistencia a factores adversos y la adaptabilidad a la zona.

El Cuadro 1, muestra el comportamiento de las variedades Jacha Grano, Blanquita, Surumi y Kurmi evaluada con productores. Las características agronómicas apreciadas por los productores son el porte alto de las plantas, con buena panoja, tamaño de grano grande, uniformidad del grano y color típico de cada variedad.

Una vez certificada en campo y almacén, el productor tiene la potestad de elegir el destino de la semilla de acuerdo a la oferta y demanda del mercado (comprador), aunque existen intermediarios y acopiadores que especulan bajando o subiendo los precios de venta. Los productores de semilla certificada de quinua son Cohana (altiplano Norte), cooperativa Jalsuri y Callisaya (altiplano Central). Las mismas organizaciones producen semilla artesanal con los mismos criterios de calidad, existiendo otros grupos que producen semilla de calidad como el grupo de productores de Cañaviri, Lawachaca y Aroma Norte (Aroma), Lacaya y Quiripujo (Los Andes).

La demanda de semilla en el altiplano sube debido a la poca cantidad de semilla disponible debido a la sequia, granizada y helada que conduce en algunos casos a la pérdida total de la producción. En tales situaciones la demanda de semilla sube. Hoy en día la comercialización de semilla de quinua genera buenos ingresos dependiendo de la calidad y el tamaño de grano que produce el agricultor.

Las familias beneficiadas con distribución directa e indirecta de la semilla de quinua, alcanzaron aproximadamente 261 familias, quienes producen para su propio abastecimiento, para mercado local de semilla y venta a instituciones (Cuadro 2). Si consideramos la tasa de multiplicación de la quinua y las opciones de reutilizar la semilla localmente producida, la cantidad de semilla podría multiplicarse por 5 veces.

Cuadro 2.
Número de familias beneficiadas con semilla mejorada (2013).

Nº	Comunidad	Cantidad
1	Jalsuri	**22**
2	Callisaya	**18**
3	Canaviri	**20**
4	Contorno Letanías	**16**
5	Contorno Arriba	**19**
6	Hilata	**10**
7	Achica Arriba	**12**
8	Lacaya	**26**
9	Quiripujo	**38**
10	Chojasivi	**22**
11	Cohana	**18**
12	Colquencha	**10**
13	Otros	**30**
	Total	**261**

En el Cuadro 2, observamos la cantidad de comunidades que se trabajan alcanzando un total de 12, esto sin contar anteriores proyectos que se ejecutaron dentro la institución.

Conclusiones

- Las vías de diseminación o ruta de la semilla mejorada tienen un proceso complejo, donde la Fundación PROINPA tiene una labor importante en la generación y conservación de variedades mejoradas.
- El sistema semilla de quinua actores que contribuyen en la generación de variedades, registro y certificación, distribución de semilla, capacitación, provisión de equipos e información, pudiendo diferenciarse el sistema formal el artesanal o informal y el tradicional o comunitaria.
- Las variedades que se adaptaron a los distintos sitios de producción del altiplano Norte son Jacha Grano, Blanquita, Surumi y Kurmi.
- El comportamiento de las variedades mencionadas ya son establecidas y aceptadas por los productores de semilla de quinua en el Altiplano Centro y Norte.
- Las familias beneficiadas con la ruta de la semilla de alta categoría alcanzaron a 261 familias produciendo semilla para abastecimiento local, mercado local y grano de consumo
- Los criterios de calidad establecidas en el sistema formal se encuentran establecidas en las normas de calidad. El sistema informal o artesanal incorpora similares criterios de calidad pero sujetos a un control interno de calidad avalada por la buena fe. El sistema familiar o comunitario se basa en principios comunitarios propios tales como la solidaridad, reciprocidad, la ayuda mutua donde los criterios de calidad son basados en las características e adaptación y uso sostenible.

Referencias citadas

Almekinders, C.J.M., N.P. Louwaars& G.H. de Bruijn, 1994. Local seed systems and their importance for an improved seed supply in developing countries. Euphytica 78: 207-216.Brush, S.B. M. Bellon, & E. Schmidt, 1988. Agricultural development and maize diversity in Mexico. Human Ecology 16: 307-328.

Aroni, G.& J. Cossio. 1995. Memorias del Seminario Taller " Oferta Tecnológica para el cultivo de quinua y Transferencia Tecnológica" Uyuni – Bolivia.

Baudoin, A. 2009. Evaluación y perspectivas del mercado de semillas certificadas de quinua en la región del Salar de Uyuni en el Altiplano Sur de Bolivia. 36 pp.

Bonifacio A., 2007 Producción de Semilla de Quinua Fundación PROINPA.

FAO (2006). Quality declared seed system. Palnt production and proteccion paper 185. 243 p.

Grisley, W. & M. Shamambo, 1993. An analysis of the adoption and diffusion of Carioca beans in Zambia, resulting from experimental distribution of seed. Expl. Agr. 29(3): 379-386.

Harlan, J., 1992. Crops and man. 2nd. Edn. American Society of Agronomy, Madison, WI. 284 pp.

Publicación de INIAF 2012. Directorio de Oferentes de Semillas Certificada e Importada, 2012).

Zeballos et al. 2009, Economía de la papa en Bolivia 1998-2007, Fundación PROINPA. Cochabamba-Bolivia.

http://www.iniaf.gob.bo/index.php/es/prensa/133-oferentes-semillas-la-paz-2012

Nuevas tecnologías para evitar la pérdida de fertilidad por erosión eólica en el cultivo de la quinua

Gabriela Alandia; Genaro Aroni; Clemente Fernández; Milton Villca; José García; Patricia Ramos; Liz Chambi.

Fundación PROINPA.

E-mail: g.alandia@proinpa.org y prouyuni@hotmail.com

Resumen

La quinua (***Chenopodium quinoa*** Willd.) es un cultivo que ha ganado mucha importancia debido al alto valor nutricional. La quinua que se exporta, se cultiva mayormente en el Altiplano Sur Boliviano. Debido a su demanda, la producción de quinua se ha extendido significativamente en las últimas décadas incrementando la presión hacia los recursos naturales, reduciendo la vegetación nativa y la fertilidad de los suelos e incluso causando serios procesos de desertificación en algunas áreas. Debido a características predominantemente arenosas de los suelos de la zona de mayor producción de quinua, la erosión eólica constituye un problema importante para la sostenibilidad de esta región. El presente trabajo tiene por objetivo estudiar procesos de erosión eólica y desarrollar sistemas de multiplicación de especies nativas para su repoblamiento en sistemas de producción de quinua. El trabajo se lleva a cabo en Chacala, comunidad de suelos arenosos y clima semi-árido. Colectores de sedimento del tipo Big Spring Number Eight (BSNE) fueron instalados en parcelas con diferentes vegetaciones relacionadas a los sistemas de producción de quinua. Resultados preliminares mostraron diferencias entre las cantidades colectadas a diferentes alturas. La erosión eólica responde principalmente a procesos de saltación en los que se pierden mayor cantidad de materia orgánica y nitrógeno. Estos procesos pueden ser controlados a través de barreras vivas con especies de porte bajo. La Fundación PROINPA ha multiplicado por repique y siembra directa 16.000 plantines de tres especies nativas locales con 66 porciento de prendimiento. Las especies multiplicadas presentaron distintos grados de daño por las bajas temperaturas. Los plantines obtenidos pueden ser utilizados en barreras vivas para evitar la pérdida de fertilidad debida a procesos de erosión eólica.

Palabras claves: Quinua; erosión eólica; saltación; barreras vivas; especies nativas.

Introducción

En los últimos cuatro decenios, el cultivo de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) ha adquirido mucha importancia en el Altiplano Sur Boliviano. La creciente y permanente demanda de los mercados mundiales por el grano de quinua y la introducción de tecnología mecanizada (roturación y siembra) facilitaron el incremento de la frontera agrícola.

En el pasado los campesinos de la región del altiplano sur, tenían como principal actividad la producción ganadera expresada en la cría de llamas para carga, por entonces estaba establecido los viajes anuales de los llameros a los valles, para efectivizar el trueque de sal por maíz, principal alimento de la culturas del altiplano. El cultivo de quinua estaba restringido a las laderas de las serranías adyacentes a los salares de Uyuni y Coipasa y era producido enteramente para autoconsumo.

En los últimos cinco años el incremento de la superficie del cultivo en la región, ha determinado cambios de uso del suelo, al convertir terreno cubiertos con vegetación natural a tierras parceladas destinadas al cultivo de quinua. En los suelos con este cultivo en una sucesión de 5 cosechas obtenidas (10 años) sufren un proceso de empobrecimiento con rendimientos muy bajos, motivo por el cuál en muchos casos son abandonados por improductivos

Las prácticas de roturación en zonas nuevas para cultivo de quinua en los últimos años son totalmente indiscriminadas y caóticas, lo más grave es la presencia de extensas superficies desnudas y arenosas expuestas a los vientos locales y otras estacionarias.

Al respecto Sander y Gerhard mencionan para la zona de Chacala: "Los paisajes están caracterizadas por ecosistemas sensibles con baja capacidad de resiliencia y una recuperación ralentizada después de perturbaciones de las cuales, como por la habilitación de parcelas". Los mismos autores añaden: "Esta situación necesariamente lleva a la aceleración de las tasas de erosión y el empeoramiento de la cualidad de los suelos"(Sander and Lukas, 2011).

El 46% de la quinua producida en Bolivia entre el 2007 y septiembre del 2012 se exportó al mundo por un valor de 55.7 millones de dólares. La superficie para el cultivo de quinua se incrementó en el país en un 395% entre 2011" (Pagina 7, 2013).

En este contexto la producción de quinua en el Altiplano Sur de Bolivia, ha adquirido una importancia socioeconómica, para 10 municipios en los departamentos de Potosí y Oruro, donde más de 6.000 familias están involucradas en la actividad productiva del cultivo de la quinua, con 134.000 ha como se puede apreciar en el Cuadro 1.

Cuadro 1.
Parcelas de producción de quinua Real en municipios de altiplano.

DEPARTAMENTO	MUNICIPIOS	AREA (ha)
Potosí	San Pedro de Quemes	1.231
Potosí	Tahua	1.788
Potosí	San Agustín	2.565
Oruro	Pampa Aullagas	8.361
Oruro	Santuario de Quillacas	9.82
Potosí	Colcha K	11.016
Oruro	Santiago de Huari	11.619
Potosí	Llica	17.619
Potosí	Uyuni	26.372
Oruro	Salinas de Garci Mendoza	44.207
TOTAL		134.009

Fuente: Fundación AUTAPO, 2010.

La mecanización en la preparación de terrenos para el cultivo y las tareas de siembra con sembradoras mecánicas, son prácticas utilizadas por más del 90% de los productores de quinua, pero el uso frecuente de esta maquinaria agrícola causa serios problemas a la estructura del suelo, favoreciendo la erosión (Aroni *et al*., 2010).

Existe una tendencia entre los productores a continuar con la práctica del cultivo extensivo, en la región inclusive quedan muy pocas parcelas en descanso con más de 20 años, que por razones de buen precio del grano se están incorporando al proceso productivo. Es necesario indicar que en la región se practica el monocultivo de la quinua y como no hay rotación con otros cultivos se deja descansar la parcela apenas un año. Tiene primacía el deseo de producir quinua a cualquier precio, como consecuencia surgen otros problemas sociales como las disputas entre productores por acaparar la mayor cantidad de tierra en sus comunidades.

En muchas comunidades del altiplano sur, se han incorporado miles de hectáreas a la producción de quinua, sin tomar en cuenta ninguna recomendación técnica, lamentablemente se continúa con la quema de los arbustos en la habilitación de terrenos nuevos de cultivo. No se dejan las barreras vivas, o por lo menos cordones vivos entre los límites de predios. Se han roturado suelos en colinas suaves, en planicies, etc., dejando en muchos casos planicies muy extensas sin vegetación. Esta labor depredadora ha ocasionado serios daños al suelo.

Si a esta actividad enteramente humana añadimos el cambio climático, que afecta a toda la tierra, en el Altiplano Sur también se han presentado algunos problemas causadas por efectos adversos de clima como: las sequías, heladas y vientos que han causado enormes daños a miles de hectáreas lo más serio es la disminución drástica de la capa arable

Respecto a los vientos que se presentan en el Altiplano Sur, su ocurrencia cada más frecuentes y muy fuertes, ocasionan pérdidas cuantiosas por efecto del enterrado de la plantas pequeñas en los surcos de las parcelas. Siendo la labor del desenterrado de plantas demasiado sacrificada para los productores, en parcelas de cultivo muy extensas.

La producción de quinua orgánica

La producción de quinua orgánica, debe contribuir a un manejo racional y sostenible de los recursos naturales y el medio ambiente, con el objetivo de alcanzar rendimientos estables en el tiempo. Precisamente, el posicionamiento de la quinua Real orgánica hoy constituye una de las perspectivas más promisorias para satisfacer la demanda internacional del grano, pero también ajustar la producción orgánica dentro las exigencias de las normas internacionales del mercado de productos ecológicos tanto en EEUU, Unión Europea, Japón, etc. Sin embargo es de interés boliviano lograr la sostenibilidad de la producción de quinua a través del agroecosistema: quinua-llama-medioambiente.

Desarrollo de Innovaciones tecnológicas y agroecológicas del sistema de producción comercial de quinua

Es evidente la necesidad de estudiar la pérdida de fertilidad debida a procesos de erosión eólica. Así mismo resulta fundamental elaborar y emplear tecnología para estabilizar o mejorar el estado actual de explotación del suelo.

Resulta necesario generar y emplear tecnología, procesos y habilidades para reponer la vegetación, la microfauna-microflora, los nutrientes y otros componentes amenazados por la intensificación y ampliación del cultivo de la quinua.

La producción de quinua en el Altiplano Sur lamentablemente tiene las tendencias de una disminución de los rendimientos y lo más preocupante a la insostenibilidad de esta producción que pone en riesgo el aprovechamiento de este recurso natural por las futuras generaciones.

Objetivo general

Contribuir a la generación de conocimiento acerca de la pérdida de fertilidad debida a procesos de erosión eólica y contribuir al desarrollo de procesos productivos sostenibles de la zona agroecológica del Altiplano Sur a través del desarrollo de innovaciones tecnológicas que permitan reducir la vulnerabilidad del sistema agrícola basado en quinua.

Objetivos específicos

- Estudiar las características de los procesos de erosión eólica en sistemas de producción de quinua (estudio de erosión eólica).

- Desarrollar tecnología para la multiplicación de especies vegetales nativas de las zonas incorporadas a la producción comercial de quinua (procesos de multiplicación de especies nativas).

Materiales y métodos

El presente trabajo resume las actividades realizadas en el marco de un estudio de erosión eólica y procesos de multiplicación de especies nativas en la comunidad de Chacala. A continuación se detalla cada actividad en forma separada.

a) Estudio de erosión eólica en la comunidad de Chacala

Ubicación: El estudio y los trabajos se llevan a cabo en la comunidad de Chacala[1] a 42 km de la ciudad de Uyuni en el Departamento de Potosí. Geográficamente, el sitio de trabajo en Chacala se localiza a 20°09'64.3" latitud sur, 66°52'19" longitud oeste y una altitud de 3867 msnm. El área de estudio se encuentra en el municipio de Uyuni con una producción de quinua estimada entre 2500 a 4500 t/ha (Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras y Viceministerio de Desarrollo Rural y Agropecuario, 2011) y constituye una de las zonas de trabajo del proyecto ANDESCROP (Figura 1).

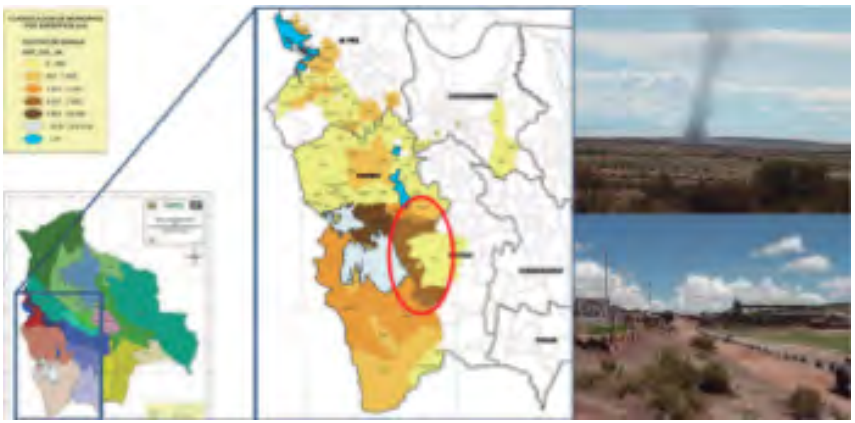


Figura 1. Zona de estudio: comunidad Chacala parte del municipio de Uyuni con importante producción de quinua en el Altiplano Sur de Bolivia (visible en café y señalado en rojo). Fuente Mapas: Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras. Fotos: G. Alandia.

Tomando en cuenta datos de 50 años (1943-1994), el clima en la zona es semi-árido con balances hídricos negativos debido a evapotranspiraciones (560 mm/año) que superan las precipitaciones (170 mm/año) concentradas entre los meses de Diciembre y Marzo (Sander and Lukas, 2011, Montes de Oca, 2005). Como es característico de los climas semi-áridos, existe irregularidad en las precipitaciones que es afectada al mismo tiempo por las corrientes ENSO. Los vientos en Uyuni son provienen generalmente del NO

1 Municipio de Uyuni, provincia Antonio Quijarro.

y NE con modificaciones debido al relieve. Las velocidades se estiman entre 4 y 12 m s^{-1} (14.4 a 43.2 km h^{-1}) y se concentran mayormente entre los meses de enero a abril aunque los mayores daños se observan durante la emergencia de los cultivos en los meses de septiembre y octubre, o en la cosecha (Andressen *et al*., 2007).

Diseño experimental: Colectores del tipo Big Spring Number Eight (BSNE) desarrollados por Fryrear están siendo utilizados para la cuantificación de erosión en el área (Fryrear, 1986).

Los dispositivos en cuestión consisten en tres receptáculos colectores de aluminio (bandejas) con veletas, verticalmente montados a un poste central a alturas de 10, 50 y 150 cm del suelo (Figura 2). Cada bandeja contiene una abertura que gracias a la veleta se orienta hacia la dirección predominante del viento (Figura 3). El viento circula a través de la malla, dejando en la parte inferior de la bandeja las partículas acarreadas (Figura 4). Durante el estudio se realiza la colecta del material depositado en las bandejas desmontando las bandejas colectoras como se muestra en la Figura 5.

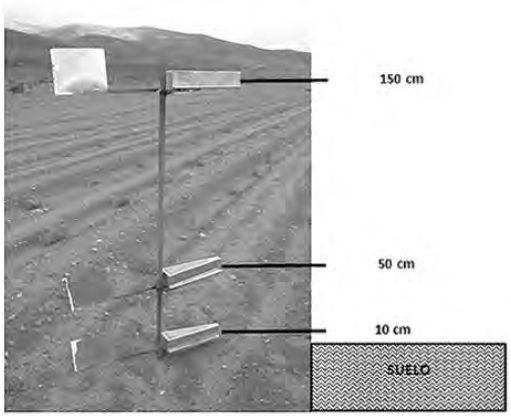


Figura 2. Colector Big Spring Number Eight (BSNE) con bandejas a tres Alturas (10, 50 y 150 cm de la base del suelo.



Figura 3. Ingreso de viento y partículas.



Figura 4. Salida de aire a través de malba en parte superior de bandeja y captura de partículas en parte inferior de bandeja colectora.



Figura 5. Material colectado en bandejas dcolectoras de equipo BSNE.

La evaluación se realiza durante la campaña agrícola 2012 – 2013 en tres parcelas homogéneas ubicadas en planicie, cada una con un área de 2250 m^2. El estudio se lleva a cabo en tres tipos distintos de cobertura vegetal: quinua, parcela en descanso y vegetación nativa (Figura 6). La unidad experimental estuvo compuesta de un set de dos

colectores espaciados de 50 m horizontalmente a través del campo y dispuestos con GPS de acuerdo a la dirección predominante del viento (NE)[2]. Cuatro repeticiones fueron consideradas dentro de cada tratamiento (coberturas vegetales).

Registro de información: Información meteorológica esta siendo monitoreada en el área de estudio a través de una estación meteorológica automática. El peso de suelo colectado en cada bandeja se registró desde Diciembre 2012 hasta la fecha, en forma semanal.

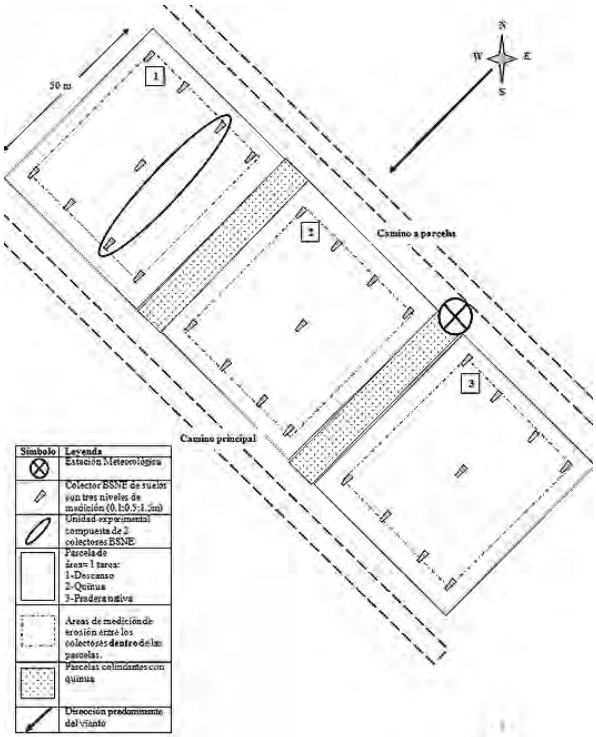


Figura 6.
Diseño experimental del estudio de erosión eólica en la comunidad de Chacala (Elaboración G. Alandia)

Análisis estadísticos: Los análisis estadísticos recomendados son una prueba de normalidad de los datos para el posterior análisis de varianza ANOVA del modelo lineal simple que considere los efectos de los factores fijos: tratamiento (cobertura vegetal), ubicación del colector (entrada o salida del viento), altura del colector (10; 50 y 150 cm) y las interacciones respectivas. Los análisis de resultados serán realizados con la descripción de los perfiles de viento de los periodos evaluados.

2 De acuerdo a los productores que habitan, informantes clave del área y revisión de literatura

b) Procesos de multiplicación de especies nativas

Ubicación: El trabajo se lleva a cabo en la comunidad de Chacala[3] a 42 km de la ciudad de Uyuni en el Departamento de Potosí. Como mencionado anteriormente, el área se encuentra en el municipio de Uyuni con altos niveles de producción de quinua y constituye una de las zonas de intervención de los proyectos SISTEMAS – DANIDA y McKnight (Figura 7).

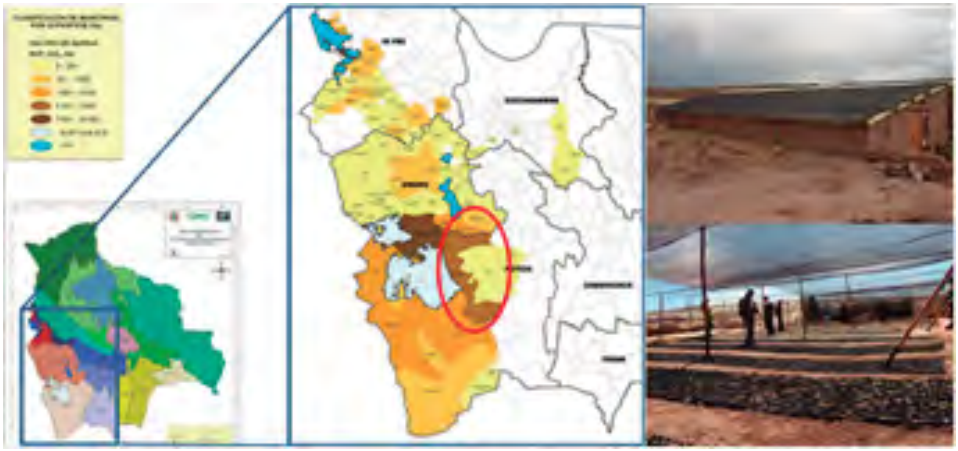


Figura 7. Zona de trabajo: comunidad Chacala parte del municipio de Uyuni con importante producción de quinua en el Altiplano Sur de Bolivia (visible en café y señalado en rojo). Fuente Mapas: Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras. Fotos: G. Alandia.

Colecta de semilla. Semilla de distintas especies fue colectada de acuerdo al siguiente detalle:

Cuadro 2.
Características del material colectado

Especie colectada	Lugar	Fecha	Cantidad	Observaciones
Sup´u t´ula (*Parastrephia lepidophylla*),	Lequepatas y Chacala	15-oct al 15 nov 2012	1 kilo	
Ñak´a t´ula (*Baccharis* spp.)	Pulacayo	20 nov 2012	200 gramos	
Uma t´ula (*Parastrephia lucida* (Meyen) Cabrera)	Kulla	20 a 30 oct 2012	300 gramos	
Kela (*Lupinus* spp)	Palaya, Chaquilla	15 feb a 30 mar 2013	12 kilos	

Métodos y épocas de colecta

Sup´u t´ula (*Parastrephia lepidophylla*), Ñak´a t´ula (*Baccharis spp.*), Uma t´ula (*Parastrephia lucida* (Meyen) Cabrera). La semilla de estas especies entra en maduración en el periodo de octubre hasta diciembre, siendo de característica anemocoria, es muy

3 Municipio de Uyuni

sensible a las brisas y vientos leves que facilitan su dispersión, este comportamiento dificulta su colecta. El material utilizado es un buzón de plástico que permite una mejor colecta de semilla.

Kela (*Lupinus spp)*. Existe dos formas de colecta de esta especie; la primera consiste en la recolección de vainas en estado de madures fisiológica y la segunda forma es recolectando en plantas secas después de la maduración fisiológica, en este caso se ha realizado labor de separación de granos y arena.

Áreas de multiplicación de especies nativas. El trabajo se lleva a cabo principalmente en dos áreas de multiplicación de especies: un invernadero y un vivero ubicados en la comunidad de Chacala.

Invernadero. Un invernadero de 56 m^2 ha sido implementando con material local (adobe), plástico y malla semi-sombra al 50%. El ambiente cuenta con sistema de riego por micro-aspersión extendido en 14 metros de largo y útil para el riego de 2.000 plantines y una almaciguera. Además se cuenta con un termómetro e higrómetro para el registro de temperatura y humedad máximas y mínimas diarias. El área de invernadero es utilizada para preparación de almácigos de las especies de trabajo y para la adaptación de los plantines obtenidos por siembra directa.

Vivero. Un vivero de 198 m^2 cubierto con malla semi-sombra al 50 y 75% se implementó para la multiplicación de 20.000 plantines repartidos en 10 platabandas, además de un área para trasplante y preparación de sustrato.

Multiplicación de especies. En base a la disposición de recursos financieros del proyecto, entre enero y abril del presente año (2013), se multiplicaron principalmente tres especies nativas: Sup´u t´ula (*Parastrephia lepidophylla*), Ñak´a t´ula (*Baccharis spp*.) y Uma t´ula (*Parastrephia lucida* (Meyen) Cabrera). La mayor parte del material (87%) fue propagado por repique y el restante 13% fue obtenido a través de siembra directa.

Siembra directa. La siembra directa se la realizó en bolsas plásticas de 10 cm de diámetro por 20 cm de alto que contenían un sustrato elaborado con tierra del lugar y turba en una relación de 1:3. En cada bolsa se colocaron de 2 a 5 semillas para asegurar el prendimiento y se cubrió cada bolsa sembrada con una capa de arena fina.

Repique. El repique se realizó con plantas que se obtuvieron de una almaciguera implementada dentro del invernadero en el mes de enero. El sustrato para las bolsas de repique consistió en una mezcla de tierra del lugar, turba y/o abono en una relación 1:3.

Registro de información. Durante el periodo de trabajo (enero a abril 2013) se registraron diariamente datos de temperatura y humedad en el invernadero. La germinación y el prendimiento de las especies sembradas y trasplantadas tanto en invernadero como en vivero fueron registradas de acuerdo a su desarrollo.

Análisis estadísticos. Los registros fueron analizados en una hoja de cálculo Excel con los cálculos, análisis y gráficas respectivos.

Resultados y discusión

a) Estudio de erosión eólica en la comunidad Chacala

Indicadores de verificación de resultados

Los datos registrados y reportados hasta la fecha por el tesista a cargo en el área de estudio se enlistan a continuación:

- Peso de suelo obtenido en 81 bandejas colectoras correspondientes a 27 colectores instalados en 3 Unidades Experimentales (3 parcelas descritas) registrado semanalmente desde el mes de Diciembre.
- Muestras y peso de suelos de tres parcelas en estudio.
- Muestras para densidad aparente de tres parcelas.
- Muestreo de altura de planta en parcela con quinua.
- Registro de especies presentes en parcela de vegetación nativa.

Resultados preliminares: Colectas de suelo del mes de abril.

Durante el mes de colecta de datos se observaron diferencias en los volúmenes de suelo colectado a distintas alturas siendo las bandejas inferiores (10 cm del suelo) de los colectores BSNE las que capturan hasta 60 g/semana de suelo comparativamente con las bandejas superiores (50 y 150 cm del suelo) en las que se observó volúmenes menores (hasta 5 g/semana). En las bandejas inferiores es dónde se encuentran mayormente partículas de materia orgánica y nitrógeno adheridos.

Los resultados preliminares indican que la erosión eólica estudiada en Chacala se da principalmente por procesos de saltación (movimiento parabólico de partículas a alturas menores a 50 cm del suelo). Estos resultados nos permiten concluir que para el control de la erosión eólica resultante de procesos de saltación se debe trabajar pueden implementar barreras vivas con especies de porte bajo. En ese sentido la Fundación PROINPA, con el aporte de los proyectos SISTEMAS DANIDA y McKnight ha trabajado para el desarrollo de tecnología para la multiplicación de especies nativas para el repoblamiento de áreas productivas de quinua en el Altiplano Sur.

b) Procesos de multiplicación de especies nativas

Sup´u t´ula

Siembra directa. De 10.457 plantines de Sup´u t´ula, 1396 se las propag13% se propagaron mediante siembra directa dentro del invernadero. Una vez trasladadas al vivero, el 90% de plantas lograron prender y el restante 10% perecieron debido a las bajas temperaturas que se presentaron en el mes de abril como indica el Cuadro 3.

Cuadro 3.
Temperaturas máximas y mínimas del mes de marzo y abril en la comunidad de Chacala.

MARZO			ABRIL		
Fecha	**T MAX**	**T MIN**	**Fecha**	**T MAX**	**T MIN**
17/03/2013	16,1	3,2	01/04/2013	17,7	-0,7
18/03/2013	18,9	4,5	02/04/2013	16,9	0,5
19/03/2013	16,4	1	03/04/2013	17,2	0,1
20/03/2013	15,8	-1,8	04/04/2013	15,9	-3,5
21/03/2013	17,1	-1,2	05/04/2013	15,9	-2,8
22/03/2013	18,3	0,6	06/04/2013	16,1	-3,2
23/03/2013	16,9	1,2	07/04/2013	16	0,1
24/03/2013	15	0,2	08/04/2013	15,7	-2,2
25/03/2013	13,5	-3,5	09/04/2013	13,6	-3,1
26/03/2013	14,6	-3,4	10/04/2013	16,3	-1,9
27/03/2013	14,5	0	11/04/2013	16	-4,7
28/03/2013	14,7	-0,2	12/04/2013	16,5	-2,5
29/03/2013	15,5	-1,1	13/04/2013	14,1	-1,8
30/03/2013	15,2	-2,7	14/04/2013	15,8	-2,4
31/03/2013	16,8	-1,6	15/04/2013	15,8	-3,6

Repique. Se propagaron un total de 9.061 plantas con 69% de prendimiento. De acuerdo al tamaño de la planta, al momento del repique y la consistencia del tallo las plantas fueron afectadas en distintos grados a las bajas temperaturas.

Cuadro 4.
Relación de plantas repicadas y prendidas tomando en cuenta altura de planta.

Característica	Total		
Altura planta	**Repicadas**	**Prendidas**	**%**
2-3 cm	3901	2835	73
5-6 cm (tallo débil)	3489	1928	55
5-6 cm (tallo bien formado)	1671	1462	87
TOTAL PLANTAS	**9061**	**6225**	**69**

Ñak´a t´ula

Siembra directa. De 1.573 plantines: 59% lograron resistir al cambio de temperatura y el 41% restante de plantas se vieron afectadas gravemente por las bajas temperaturas. Las plantas más afectadas fueron aquellas que tenían un tamaño mucho menor al momento del traslado al vivero.

Repique. Se propagaron un total de 3.105 plantas mediante repiques de las cuales solo lograron prender 51%. Las plantas que presentaron menor tamaño al inicio de las heladas resultaron ser las más afectadas.

Cuadro 5.
Relación de plantas repicadas y prendidas tomando en cuenta altura de planta.

Característica	Total		
Altura planta	**repicadas**	**prendidas**	**%**
2-3 cm	2025	921	45
5-6 cm (tallo débil)	1080	662	61
TOTAL PLANTAS	**3105**	**1583**	**51**

Uma t´ula

Siembra directa. De 175 plantines de Uma t´ula, se logró un 95% de prendimiento, el resto de los plantines fueron afectadas por enfermedades fúngicas que atacaron el cuello de la planta.

Repique. Se propagaron un total de 1.011 plantas mediante repiques de las cuales solo lograron prender 864 (85%).

En el Cuadro 6 y 7 se detallan la cantidad de plantas obtenidas por siembra directa en macetas y por almacigo, el prendimiento de cada especie además de la cantidad de plantas por platabanda.

Cuadro 6.
Cantidad de plantas prendidas por almacigo y siembra directa en macetas en tres especies nativas.

Especie	Origen	siembra/repique	Prendimiento	%
Sup´ u t´ula	s. directa	1396	1255	89
	almacigo	9061	6140	67
Ñak´a t´ula	s. directa	1573	881	56
	almacigo	3105	1570	50
Uma t´ula	s. directa	175	166	94
	almacigo	1011	859	84

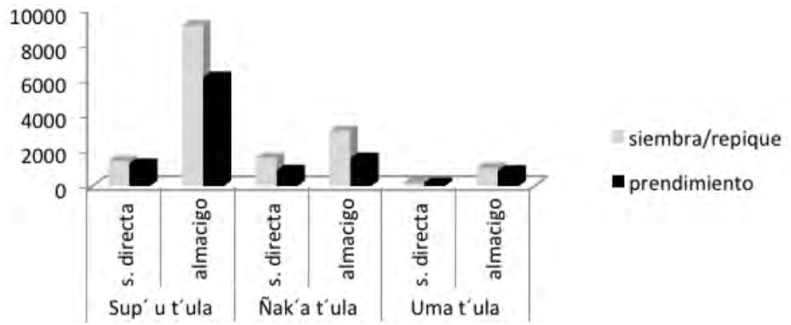


Figura 8.
Cantidad de plantas prendidas por almacigo y siembra directa en macetas en tres especies nativas.

Cuadro 7.
Cantidad de plantas y especies por platabanda

Platabanda	Nro. de plantas	Especies
1	2032	Sup´u t´ula
2	2025	Ñak´a t´ula
3	1969	Uma t´ula, Sup´u t´ula
4	2022	Sup´u t´ula
5	1176	Sup´u t´ula
6	1118	Sup´u t´ula
7	1164	Ñak´a t´ula, Sup´u t´ula
8	1197	Uma t´ula, Sup´u t´ula
9	1877	Sup´u t´ula, Ñak´a t´ula
10	1741	Sup´u t´ula, Ñak´a t´ula

Conclusiones

- Resultados preliminares de tres parcelas relacionadas al sistema de producción de quinua en la comunidad de Chacala, permiten describir la erosión eólica a través de procesos de saltación. Estos procesos resultan del movimiento de las partículas de suelo en forma parabólica a alturas menores a 50 cm del suelo. Esta información preliminar coincide con resultados obtenidos en un estudio similar realizado durante la campaña agrícola (2011 – 2012) en la comunidad de Saitoco.
- Con esta información se puede deducir que el control de procesos erosivos puede ser exitoso con la implementación de barreras vivas basadas en especies vegetales de porte bajo. En ese sentido la Fundación PROINPA ha comenzado procesos de multiplicación de estas especies.
- Durante los procesos de multiplicación de especies nativas, se han multiplicado un total de 16.321 plantines tanto por siembra directa en bolsas como por trasplante de almaciguera. De este total se logró un 66% de prendimiento (Sup´u t´ula: 69%, Ñak´a t´ula: 22%, Uma t´ula: 9%), mientras que el 44% restante se perdieron por causa de las bajas temperaturas que se presentaron a partir del mes de marzo.
- En comparación a las otras dos especies la Sup´u t´ula es la especie más tolerante a las bajas temperaturas. La Ñak´a t´ula resultó la especie más susceptible a las heladas en estado tierno por lo que se perdió gran cantidad de plantines una vez iniciada la época fría.
- La Uma t´ula es más propensa a enfermedades fúngicas en la emergencia, sin embargo una vez superado ese problema, la especie presenta una mejor respuesta al frio.

Referencias citadas

ANDRESSEN, L., MONASTERIO, M. & TERCEROS, L. 2007. Regímenes climáticos del altiplano sur de Bolivia: una región afectada por la desertificación. *Revista Geográfica Venezolana,* 48, 11-32.

ARONI, G., SUNAGUA, L. & MONTELLANO, C. 2010. Línea de base Comunidad de Chacala Altiplano Sur - Proyecto ANDESCROP. Uyuni: Fundación PROINPA

FRYREAR, D. 1986. A field dust sampler. *Journal of Soil and Water Conservation,* 41, 117-120.

MINISTERIO DE DESARROLLO RURAL Y TIERRAS & VICEMINISTERIO DE DESARROLLO RURAL Y AGROPECUARIO 2011. Base de datos agrícolas 2011. In: UNIDAD DE CONTINGENCIA RURAL (ed.). La Paz: Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras.

MONTES DE OCA, I. 2005. *Enciclopedia geográfica de Bolivia,* La Paz, Editora Atenea.

PERIÓDICO PÁGINA SIETE. 2013. El lado oscuro de la quinua. Gente y lugares. Disponible en http://www.paginasiete.bo/2013-05-09/Noticia Principal/154-155 Gen 00101.aspx.

SANDER, L. & LUKAS, G. 2011. Impacts of quinoa cultivation on soil stability in the fragile landscape ecosystems of the Southern Bolivian Altiplano: A case study from Chacala, Potosí. Copenhagen: University of Copenhagen.

Evaluación de la severidad del mildiu y daño del granizo en líneas de quinua

Alejandro Bonifacio; Miriam Alcon; Amalia Vargas.

Fundación PROINPA.

E-mail: a.bonifacio@proinpa.org

Resumen

Los factores bióticos y abióticos que afectan a la quinua son diversos, sin embargo, el mildiu y el granizo son los que adquieren mayor importancia debido a su frecuente ocurrencia secuencial o a veces simultáneamente, por lo que los daños que causan se traducen en pérdidas o reducción considerable del rendimiento. Por lo que es pertinente la evaluación de la severidad del mildiu y severidad de daño del granizo para acompañar los procesos de selección en mejoramiento. En la presente investigación, se ha conformado un ensayo con 17 líneas de quinua de ciclo semiprecoz. Este material fue sembrado en el Centro Experimental Quipaquipani, municipio de Viacha, bajo un diseño experimental de Bloques completos al azar con 4 repeticiones. La severidad del mildiu fue realizada tomando la escala porcentual en los surcos centrales de cada unidad experimental. La severidad de daño por granizo se ha evaluado en dos momentos, una inmediatamente después de la ocurrencia del granizo adoptando una escala porcentual a nivel del follaje (hojas) y otra después de 10 días en base a las lesiones o secuelas del granizo en hojas (peciolo) y tallo ajustando la escala con relación a una planta sana y otra completamente afectada. Complementariamente a la evaluación de la severidad del mildiu y daño por granizo en el ensayo, se ha realizado la evaluación en parcelas donde el granizo ocurrió después de que la enfermedad del mildiu tuvo altos grados de severidad. Los resultados muestran que las líneas muestran diferencias en severidad de la enfermedad y granizo altamente significativas donde la prueba de Duncan permitió evidenciar 6 grupos con medias similares para la severidad de daño por granizo y 5 grupos para la severidad del mildiu. Estas diferencias constatadas permiten ver diferencias en el carácter de tolerancia al granizo y seleccionar líneas con menor grado de severidad de daño por granizo y por otro lado seleccionar líneas con menor porcentaje severidad del mildiu. Las secuelas del granizo se manifiestan más en el tallo que en la hoja, siendo las lesiones necróticas puntos de ingreso de otros patógenos que provocan la pudri-

ción de tejidos lesionados por el golpe de granizo. Las observaciones complementarias, evidencian que el granizo causa mayores daños cuando la planta está con altos grados de severidad del mildiu. Esto se explica porque las hojas fuertemente afectadas por el mildiu son más frágiles y sufren roturas de la lámina foliar y fracturas del peciolo. Estas evaluaciones preliminares conducen a la necesidad de desarrollar estrategias de evaluación y selección considerando la ocurrencia combinada del mildiu y el granizo.

Palabras claves: Severidad del mildiu; daño por granizo; líneas de quinua.

Introducción y contexto

En las últimas décadas, la lluvia registra retraso considerable en su ocurrencia, esto conduce a retrasar la siembra, además, la lluvia se concentra en periodos estrechos creando alta concentración de la humedad relativa del ambiente. Otro aspecto de la precipitación es el granizo fenómeno frecuente en el altiplano (Bonifacio, 2009). Ambos factores constituyen altos riesgos de pérdida del rendimiento y calidad del grano.

Ante el retraso de siembras o por fallas o pérdidas de plantas (sequia, heladas, granizo, encostrado, enterrado de plántulas), el empleo de variedades precoces es una alternativa para sobrellevar las adversidades en la producción de quinua. Las variedades precoces se conocen como noventonas. En el contexto de los productores, noventona se refiere a variedades precoces en el rango de 120 a 135 días (Bodoin, 1990). La precocidad como objetivo de mejoramiento de quinua data de la década del 90 y se ha liberado la variedad Jacha Grano (Bonifacio y Vargas, 2000). Sin embargo, las variedades precoces son susceptibles a la enfermedad del mildiu. En variedades susceptibles, la pérdida puede ser del 100% (Danielsen y Ames, 2000).

El mildiu de la quinua causa grandes pérdidas en rendimiento de grano especialmente cuando las lluvias se concentran en periodo corto de tiempo (Bonifacio, 2001). Las pérdidas causadas por el mildiu puede alcanzar hasta 58% en variedades parcialmente resistentes y causar pérdida del 100% en ecotipos susceptibles (Danielsen *et al*., 2000).

En la diversidad genética de la quinua, existe material precoz cuyo ciclo oscila alrededor de 144 días (Aroni, *et al*. 2003), sin embargo, las variedades precoces no siempre reúnen las características de mayor rendimiento y calidad de grano comercial.

El programa de mejoramiento de la quinua se concentra en la obtención de variedades precoces y semi precoces. En ambos casos, el criterio de selección es la resistencia al mildiu, pero la enfermedad generalmente no se presenta en forma aislada, al contrario, se presentan junto a otros como el granizo. El efecto combinado del mildiu y el granizo se asume que son más devastadores sobre la planta. La selección combinada por resistencia al mildiu y tolerancia al granizo no se efectuado en quinua debido a dificultades en la evaluación de la severidad, sin embargo, sus efectos son cada vez mas recurrente, por lo que es necesario la evaluación del mildiu y del daño por granizo en proceso de selección.

Objetivos

- Evaluar la severidad del mildiu en líneas semi precoces de quinua.
- Evaluar el daño por granizo en líneas de quinua para identificar material tolerante.
- Analizar las variables de rendimiento de líneas y otras características de grano.
- Evaluar la incidencia sucesiva del mildiu y el granizo en ecotipos y variedades de quinua.

Materiales y métodos

La investigación se realizó en predios del Centro experimental Quipaquipani, Viacha empleando 17 líneas semiprecoces de quinua proveniente del programa de mejoramiento genético. Este material fue sembrado en un diseño de bloques completos al azar con 4 repeticiones, donde las líneas fueron asignadas a las unidades experimentales de 4 surcos de 5 m de largo.

Las evaluaciones se concentraron en la severidad del mildiu mediante la escala porcentual sugerida por Danielsen y Ames (2000), con la diferencia de tomar la planta integra y realizando lecturas de severidad en los surcos centrales de cada unidad experimental. La enfermedad del mildiu es endémico en los Andes, desarrollándose una escala de evaluación basada en porcentaje de severidad (Danielsen y Ames, 2000). Según Boudoin (2007), las variedades demandadas en el altiplano Central y Norte, deben ser resistentes al mildiu y de grano grande, debido a que en esta zonas, la humedad relativa del ambiente es mayor que en el altiplano Sur.

El daño del granizo sobre la planta fue evaluada en dos instancias, una inmediatamente después de la caída de granizo evaluándose la severidad de daño en las hojas expresada por roturas en hojas y defoliación por el golpe de granizo. La segunda evaluación del daño o lesiones causadas por el granizo se realizó a los 10 días después haber sufrido el daño por granizo. En esta oportunidad, la evaluación se concentró en las lesiones o daños presentes en el tallo conocidos como secuelas del granizo. En ambos instancias de evaluación del granizo, la escala fue ajustada en base a la severidad registrada para el mildiu con la diferencia de que el área afectada fue sustituida por roturas de la lámina y del peciolo que incluye la defoliación. La severidad de las lesiones en el tallo, fue evaluada de forma similar con la diferencia de considerar solo el tallo y las lesiones sufridas a loa largo del tallo y en el plano donde el granizo golpeo haciendo daños.

Una evaluación complementaria pero primicial, fue la evaluación del daño por granizo en plantas previamente afectadas con alta severidad del mildiu. En este caso, la evaluación fue con la escala porcentual tomando en cuenta roturas de hoja y defoliación.

Las evaluaciones descritas, fueron complementadas con la evaluación del rendimiento, altura de planta, índice de cosecha y otros.

Resultados y discusión

Durante el proceso del desarrollo de la quinua, se han presentado la enfermedad del mildiu con infecciones fuerte debido a la concentración de lluvia, pero durante el avance de la enfermedad, es decir, a los pocos días de haber realizado la evaluación, se presentó el granizo. La presencia ambos factores adversos sobre las líneas semiprecoces fue complicado su evaluación puesto que se presentó como un efecto acumulativo de severidad del mildiu y daño por granizo.

Cuadro 1.
Análisis de varianza para severidad del mildiu en líneas semi precoces en tres lecturas.

F. de V.	Gl	Severidad 1		Severidad 2		Severidad 3	
Bloque	3	38.24	0.285	49.51	0.258	37.75	0.606
Línea	16	42.19	0.05 *	113.47	0.001 **	30.10	0.938 ns
Error	48	29.38		35.71		60.92	
Total	67						
CV		15.5		13.6		20.7	
Media		34.74		43.97		37.79	

Las diferencias en severidad del mildiu para líneas fue significativo para la primera lectura, altamente significativos para la segunda lectura y no significativas para la tercera lectura. Las diferencias entre bloques no fueron significativas.

Cuadro 2.
Prueba de Duncan para severidad del mildiu para tres lecturas en líneas semi precoces.

Lectura 1			Lectura 2			Lectura 3		
Línea	Media	Grupo	Línea	Media	Grupo	Línea	Media	Grupo
5	43.75	A	11	52.50	A	3	42.50	A
15	37.50	AB	14	50.00	AB	9	41.25	A
17	37.50	AB	12	48.75	ABC	13	41.25	A
3	36.25	AB	17	48.75	ABC	2	40.00	A
4	36.25	AB	5	47.50	ABC	1	38.75	A
6	36.25	AB	3	46.25	ABC	10	38.75	A
12	36.25	AB	16	46.25	ABC	11	38.75	A
14	36.25	AB	4	45.00	ABC	15	38.75	A
2	35.00	AB	7	45.00	ABC	17	38.75	A
10	35.00	AB	15	45.00	ABC	4	37.50	A
7	33.75	B	6	43.75	ABCD	7	37.50	A
13	33.75	B	10	42.50	ABCD	16	37.50	A
16	33.75	B	1	40.00	BCDE	5	35.00	A
8	31.25	B	9	40.00	BCDE	12	35.00	A
9	31.25	B	2	38.75	CDE	6	33.75	A
11	31.25	B	8	35.00	DE	8	33.75	A
1	30.00	B	13	32.50	E	14	33.75	A

La prueba de Duncan permite diferenciar 2 grupos que comparten medias similares para la primera lectura, 5 grupos para la segunda lectura y medias de líneas similares para la tercera lectura. Esto se explica por las diferencias genéticas entre las líneas para resistencia al mildiu y las condiciones favorables y desfavorables para la presencia del mildiu. La ausencia de grupos en la tercera lectura, muestra que todas las medias son similares concordante con la ausencia de significación estadística para líneas, por lo que claramente se debe al efecto del granizo y que ha defoliado las hojas y la severidad fue subestimada durante la evaluación.

El mildiu se inicia con las oosporas que es el resultado de la reproducción sexual del hongo. La espora tiene la capacidad de latencia en la época fría y seca de Los Andes (Danielsen *et al.,* 2004). Durante la infección inicial, el hongo se reproduce asexualmente mientras crece la planta pudiendo producir varios ciclos de infección.

En los últimos años, las lluvias se retrasan considerablemente provocando condiciones de sequía, después de este periodo seco, las lluvias se concentran generando situaciones de alta humedad relativa que son propicios para la proliferación del mildiu (Bonifacio, *et al*., s.a.).

Cuadro 3.
Análisis de varianza para severidad de daño por granizo en líneas semi precoces.

F. de V.	Gl	SC	CM	P	Significación
Bloque	3	158.8	52.9	0.685	Ns
Línea	16	5288.2	330.5	0.001	**
Error	48	5091.2	106.1		
Total	67	10538.2			
CV	24.7				
Media	41.7				

La severidad de daño por granizo en las líneas semi precoces, es altamente significativa (Cuadro 3), lo que quiere decir que al menos una línea es diferente de las otras para este carácter. El coeficiente de variación se encuentra en lo aceptable para trabajos de campo.

Cuadro 4.
Prueba de Duncan para severidad por granizo en líneas semi precoces.

Línea	Media	Grupos similares
17	60.00	A
16	55.00	AB
12	52.50	ABC
4	48.75	ABCD
9	48.75	ABCD
15	47.50	ABCDE

2	45.00	ABCDE
6	40.00	BCDEF
3	38.75	BCDEF
14	38.75	BCDEF
8	36.25	CDEF
10	36.25	CDEF
13	36.25	CDEF
1	35.00	DEF
7	32.50	DEF
11	31.25	EF
5	27.50	F

En el Cuadro 4, la prueba de Duncan diferencia 6 grupos cuyas medias son similares entre sí. La severidad va desde 27.5% a 60%, destacándose 4 líneas (1, 7, 11 y 5) con grados de daño menores o iguales a 35%. Este material constituye la base para seleccionar líneas tolerantes al granizo con el objetivo de generar material adaptado a las nuevas condiciones derivadas de la variabilidad y cambio climático.

Según Bonifacio *et al*. (s.a.), las líneas tardías muestran menores grados de severidad y las precoces porcentajes de severidad altos, lo que confirma la asociación de la resistencia y el ciclo largo de la planta. Además, han descrito preliminarmente la susceptibilidad, la resistencia parcial, la hipersensibilidad y el tipo combinado entre resistencia parcial e hipersensible.

Eguiluz *et al*. (s.a.), al estudiar las características agronómicas de quinuas del altiplano (semiprecoces) y las del valle (tardíos), encontraron mayor rendimiento en las quinuas de valle (1580,86 kg/ha) y menor rendimiento en las del altiplano (1103,46 kg/ha), de la misma forma, las quinua del valle presentaban menores porcentaje de severidad del mildiu (63%) frente a las quinuas del altiplano (78.3%). Esto muestra la asociación del ciclo largo con la mayor resistencia al mildiu tal como sostiene Bonifacio *et al*. (s.a.).

La evaluación complementaria del daño por granizo en las variedades susceptibles al mildiu (raza real) y variedades con resistencia parcial (mejoradas), mostró que el daño por granizo fue muy severo en las más susceptibles al mildiu y menor en las parcialmente resistentes. Esto se explica por las lesiones mayores en la lámina y la rigidez de la misma provocadas por el mildiu, sobre esto, el golpe de granizo muestra efectos devastadores sobre las variedades susceptible y no fue tan severa el daño en variedades parcialmente resistentes. El efecto adverso complementado sobre un efecto adverso previo es complicado en la evaluación, por lo que es muy importante desarrollar estrategias de evaluación combinada de severidad del mildiu y severidad de daño por granizo.

Cuadro 5.
Análisis de varianza para altura e índice de cosecha en líneas semi precoces.

		Altura de planta cm			Indice de cosecha		
F. de V.	Gl	SC	CM	P	SC	CM	P
Bloque	3	1887.24	629.08	0.000	0.007574	0.002525	0.436
Línea	16	2636.97	164.81	0.018	0.067317	0.004207	0.044
Error	48	3602.41	75.05		0.130152	0.002730	
Total	67	8126.63			0.205943		
CV		11.2			12.7		
Media		77.19			241.8		

Las diferencias altamente significativas en altura de planta y diferencias significativas entre líneas representan diferencias atribuibles a las características genéticas, en cambio las diferencias altamente significativas entre bloques refleja la heterogeneidad en el suelo donde fue establecido el ensayo y el bloqueo ha permitido detectar esas diferencias.

Cuadro 6.
Prueba de Duncan para altura de planta e índice de cosecha en líneas semi precoces.

Altura de planta cm			**Índice de cosecha**		
Línea	**Media**	**Grupo**	**Línea**	**Media**	**Grupo**
8	89.25	A	14	0.4909	A
2	82.79	AB	15	0.4499	AB
13	82.71	AB	10	0.4388	ABC
14	82.33	AB	7	0.4380	ABC
1	82.17	AB	8	0.4304	ABC
7	81.33	AB	6	0.4276	ABC
5	80.21	AB	5	0.4254	ABC
9	79.12	AB	3	0.4178	ABC
4	77.67	AB	13	04105	ABC
6	76.71	ABC	12	0.4095	ABC
12	75.88	ABC	2	0.3982	BC
3	74.21	BC	11	0.3921	BC
11	73.62	BC	17	0.3886	BC
17	72.38	BC	1	0.3881	BC
16	70.75	BC	4	0.3827	BC
10	68.00	BC	9	0.3743	BC
15	63.12	C	16	0.3572	C

Las medias de altura de planta forman tres grupos de medias similares, siendo las plantas más bajas de 63.75 cm y las más altas de 89.25 cm con una diferencia de 25 cm entre ambos extremos. El índice de cosecha varía entre 0.35 a 0.49 y perteneciendo a 3 grupos de medias similares.

Cuadro 7.
Análisis de varianza para rendimiento y peso hectolítrico en líneas semi precoces.

		Rendimiento kg/ha			Peso hectolítrico kg/100 l		
F. de V.	**Gl**	**SC**	**CM**	**P**	**SC**	**CM**	**P**
Bloque	3	3934599	1311533	0.001	12.795	4.265	0.179
Línea	16	11260018	703751	0.000	166.724	10.420	0.000
Error	48	9711316	202319		120.178	2.504	
Total	67	24905933			299.697		
CV		16.2			2.4		
Media		2772.8			65.81		

Las diferencias en rendimiento y peso hectolitrico son altamente significativos, lo que refleja las diferencias genéticas y/o fisiológicas de las líneas.

Cuadro 8.
Prueba de Duncan para rendimiento y peso hectolítrico en líneas semi precoces.

Línea	Media	Grupo	Línea	Media	Grupo
4	3533	A	16	70.47	A
17	3417	A	3	66.77	B
14	3257	AB	1	66.57	B
15	3146	ABC	4	66.57	B
10	3087	ABC	6	66.50	B
7	3004	ABCD	5	66.30	B
11	2998	ABCD	12	65.92	BC
5	2659	BCDE	9	65.90	BC
8	2652	BCDE	2	65.82	BC
9	2629	BCDE	7	65.77	BC
1	2602	BCDE	14	65.60	BC
13	2567	BCDE	10	65.32	BC
6	2513	BCDE	8	65.12	BCD
2	2432	CDE	15	65.12	BCD
3	2256	DE	11	65.00	BCD
12	2232	E	17	63.52	CD
16	2154	E	3	62.65	D

De acuerdo a la prueba de Duncan, las medias de rendimiento fueron ordenados en 5 grupos de medias similares. Los rendimientos de las líneas son altos debido a que el grupo de líneas fue sembrado en época intermedia y presenta cierto nivel de resis-

tencia genética y adquirida al mildiu y tolerancia al anegamiento, lo cual ha permitido alcanzar mayores rendimientos.

Conclusiones

- El material de líneas semi precoces ha mostrado diferencias significativas para la primera lectura y altamente significativas para la segunda lectura, sin embargo, para tercera lectura, la severidad fue menos y las diferencias no son estadísticamente significativas, lo que atribuye a diferencias genéticas entre líneas pero también la influencia del ambiente dado por la humedad relativa que hace condiciones favorables para la enfermedad del mildiu.
- La ausencia de diferencias significativas para severidad del mildiu en la tercera lectura, aparentemente muestra una reducción de la severidad, sin embargo, la baja severidad del mildiu y sin diferencias entre líneas, es atribuible a la defoliación de hojas enfermas por el granizo, quedando en la planta las hojas relativamente más sanas y por tanto el grado de severidad ha disminuido.
- La severidad del granizo muestra diferencias significativas para líneas, lo que permitirá la selección por ese carácter y obtener variedades con tolerancia al granizo.
- La evaluación complementaria de variedades afectadas en principio por mildiu, luego por el granizo, muestran efectos devastadores sobre las variedades susceptible y no fue tan severa el daño en variedades parcialmente resistentes. Este efecto adverso pero complementario para severidad de daño por granizo, conduce a desarrollar nuevas escalas y estrategias de evaluación combinada de severidad del mildiu y severidad de daño por granizo
- El rendimiento y el peso hectolitrico de las líneas semi precoces muestra diferencias altamente significativas para las líneas, lo que refleja diferencias genéticas que podrían facilitar la selección.

Referencias citadas

Aroni, J.C., G. Aroni, R. Quispe y A. Bonifacio 2003. Catálogo Quinua Real. Fundación PROINPA-Fundación McKnight. Poligraf, Cochabamba Bolivia. 51p.

Bodoin A. 2009. Evaluación y perspectivas del Mercado de semilla certificada de quinua en la región del Salar de Uyuni en el altiplano Surde Bolivia. IRD, CNRS, SIAFEE, CIRAD-UR-GREEN.36 p.

Bonifacio, A., Alcon, M., Mendez, V y Apaza, R. (s.a.). Evaluación de la resistencia de quinua frente a la enfermedad del mildiu. Disponible en: http://www.infoquinua.bo/fileponencias/a_BONIFACIO%20Alejandro%20Evaluacion%20de%20la%20resistencia%20de%20quinua(agr).pdf (consultado el 20132).

Bonifacio A. 2001. Resistencia de quinua al mildiu. In: Cultivos Andinos. CDROM/FAO, 2001. Roma, Italia.

Danielsen, S. y Ames, T. 2000. El mildiu (*Peronospora farinosa*) de la quinua (*Chenopodium quinoa*) en la zona andina. Manual práctico para el estudio de la enfermedad y el patógeno. Centro Internacional de la papa, Royal Danish Ministry of Foreign Affairs, The Royal Veterinary and Agricultural University. Lima, Perú. 32 p.

Eguiluz A., Maughan P., Jellen, E. y Gomez L. (s.a.). Determinación de la diversidad fenotipica de accesiones de quinua (Chenopodium quinoa willd) provenientes de valles interandinos y del altiplano peruano. 8 p. Disponible en: http://www.infoquinua.bo/fileponencias/a_EGUILUZ%20Ana%20%20ECOTIPOS_QUINUA_PERU%20corregido(AGro).pdf (Consultado 27 de julio de 2012).

Recolección de semilla y multiplicación de la T'ula con fines de repoblamiento en sistemas de producción de quinua

Patricia Ramos; Miriam Alcon; Liz Chambi; Alejandro Bonifacio.

Fundación PROINPA

E-mail: a.bonifacio@proinpa.org y m.alcon@proinpa.org

Resumen

En localidades del altiplano Central y Norte, se estudió la biología reproductiva y fisiología de semilla de las especies arbustivas ***Parastrephia lepidophylla, P. lucida, Baccharis incarum*** conocidas con nombres nativos de Sup'u tula, Uma t'ula, Ñaka tula y la lampaya ***Lampaya castellani***. Los resultados del trabajo muestran que las especies ***P. lepidophylla, y P. lucida*** tienen flores imperfectas y posicionadas en un mismo capítulo (monoica), deduciéndose que ambas especies presentan autogamia y alogamia facultativas y ***B. incarum*** presenta flores imperfectas pero en plantas diferentes (dioica), deduciéndose que se trata de una especie alogama por excelencia. La lampaya lleva flores completas y perfectas, deduciendo que presenta autogamia y alogamia en proporción variable. La semilla de las tulas no presenta dormancia alguna, es decir, que una vez madura y seca germina sin dificultades y en altos porcentajes. En cambio la lampaya presenta dormancia atribuible a la dureza de la testa de la semilla o a la inmadurez del embrión o ambos fenómenos a la vez. Para fines de multiplicación de las especies, las opciones más prácticas son la siembra directa en maceta e inclusive siembra directa en campo, es decir obviando el almacigado en razón de los costos en mano de obra.

Palabras claves: Arbustos nativos; biología; semilla; multiplicación masiva.

Introducción

Tradicionalmente, la quinua se produce en los Altiplanos Sur, Central y Norte, aunque en los últimos años hay interés de cultivar en los valles y en el sub trópico inclusive. El Altiplano Sur (inter-salar) y las zonas del área de influencia, fueron y sigue siendo la zona de mayor importancia en la producción comercial de quinua, destinándose al mercado de exportación en mayor proporción frente al mercado local y el consumo familiar.

La quinua se ha convertido en un producto de exportación debido a ello los volúmenes de demanda han estado en ascenso al igual que los precios de comercialización. Esto ha derivado a un inusitado incremento de la superficie de cultivo con la intención de obtener mayores beneficios en plazo inmediato. Actualmente, se observa el predominio de la producción de quinua con tecnología semi mecanizada o mecanizada en algunas etapas del proceso productivo. El avance de la frontera agrícola de la quinua es imparable dentro de zona tradicional e inclusive en las zonas de transición. Esto, implica la remoción de la vegetación (arbustos y pastos) sin tomar medidas de repoblamiento natural o dirigido, lo cual está conduciendo a un proceso de remoción de la vegetación y creando riesgo de desertización acelerado (Jacobsen, 2011).

Esta actividad antrópica está conduciendo a la pérdida de vegetación que incluye la microflora y microfauna asociada a ésta. La erosión de suelos, la pérdida de fertilidad del suelo que en conjunto conduce hacia la reducción de los rendimientos unitarios y al riesgo de insostenibilidad de la producción de quinua orgánica.

En el afán de extender la superficie de siembra, se habilitan t'ulares, pajonales y bofedales. Jacobsen (2011), sostiene que las planicies del área de influencia del salar de Uyuni en altiplano Sur, tradicionalmente caracterizado por la vegetación natural pastoreado por llamas, está siendo extensivamente sembrado con quinua convirtiendo la zona en un desierto.

Varias alternativas han sido sugeridas para conservar o mejorar el estado actual de explotación del suelo, las opciones incluyen el repoblamiento vegetal, uso de estiércol, el repoblamiento de llamas, entre otras opciones (Orsag, 2011; ANAPQUI, 2011). Sin embargo, no se cuenta con información aplicable para implementar dichas opciones. Es así que no se conoce sobre la biología reproductiva de las especies arbustivas, la fisiología de semilla, métodos de multiplicación y estrategias de aprovechamiento múltiple de las especies nativas como las t'ulas o arbustos que crecen en las zonas de producción de quinua.

Objetivos

- Estudiar la biología reproductiva de los arbustos del sistema quinua.
- Evaluar la viabilidad de semilla de arbustos y su forma de diseminación natural
- Proponer métodos alternativos de multiplicación masiva de t'ulas

Materiales y métodos

El trabajo se ha desarrollado en la comunidad de Chacala y zonas circundantes. La comunidad se encuentra en el municipio de Uyuni, Provincia Antonio Quijarro, del departamento de Potosí, Bolivia, geográficamente se encuentra a 20°10´22.1" de latitud sur, 66°51'49.3" longitud oeste a una altitud de 4850 msnm.

Para estudiar la biología reproductiva de las especies arbustivas se ha tomado muestras representativas en fase de floración y estas fueron examinadas en sus estructuras florales y la presencia de polinizadores.

La recolección de semilla de las especies nativas sup'u t'ula (*Parastrephia lepidophylla)*, nak'a t'ula (*Baccharis incarum*) y uma t'ula (*Parastrephia lucida*) se realizó en los meses de septiembre a diciembre, en cambio, la semilla de Lamphaya (*Lampaya castellani*) se realizó entre enero a marzo inclusive. La semilla recolectada fue limpiada con el empleo de zarandas y venteo manual.

Una vez obtenida la semilla limpia, se ha procedido a estudiar la germinación en ambientes de laboratorio del Centro experimental Quipaquipani, adoptándose el método de la cápsula Petri y registrando el número de semillas germinadas y luego transformando a porcentaje.

Para la multiplicación de plántulas, se optó por tres alternativas: 1) La siembra en almaciguera de 2 x 0.5 m empleando sustrato de mezcla de arena y turba en una relación 1:1 y sembrando la semilla al voleo de tres especies nativas (Sup´u t´ula, Ñak´a t´ula y Uma t´ula) y cubriendo la semilla con una capa delgada de arena, posteriormente las plántulas fueron repicada en bolsa-maceta, 2) Siembra directa en maceta empleando entre 3 a 5 semillas por maceta conteniendo sustrato de arena y turba, luego, las plántulas fueron raleadas (repicadas) hasta tener una planta por maceta y 3) Siembra directa en campo abriendo surcos superficiales y distribuyendo la semilla a chorro continuo.

Resultados y discusiones

En el altiplano existen miles de especies que tienen usos múltiples. Beck *et al*. (2010), identifico nueve formas de uso de la vegetación nativa en el altiplano (parque Nacional Sajama), entre ellas uso alimenticio, uso ceremonial, combustible, construcción, cosmético, forrajero, medicinal, tintorero y como detergente. A estos usos, se debe agregar el empleo en la protección del suelo contra la erosión, albergue y alimento de enemigos naturales de plagas de cultivos, actividad simbiótica con micro organismos entre otros usos.

Las especies estudiadas sup'u t'ula o aymar t'ula (*Parastrephia lepidophylla*), nak'a t'ula (*Baccharis incarum*) y uma t'ula (*Parastrephia lucida*) florecen entre septiembre y octubre, aunque en caso de la uma t'ula, el periodo de floración de amplia hasta diciembre. La lampaya, inicia floración en octubre, pero se prolonga hasta febrero inclusive. Esta situación registrada no es usual, puesto que la especie normalmente florece en octubre y es considerada un bioindicador para iniciar la siembra de papa, atribuyéndose esta perturbación de la floración al efecto del cambio climático.



Foto 1.
Plantas en la floración de las especies nativas de ñak'a t'ula, uma t'ula y supu t'ula.

La ñak'a t'ula presenta dos tipos de flores y en pies diferentes (dioicas), existiendo plantas macho y plantas hembra en proporciones variables aunque en los sitios muestreados se ha encontrado predominio de plantas macho siguiendo una relación de 1.6:1. De lo anterior se deduce que la forma de fecundación de la ñak'a tula es exclusivamente alógama.

La uma t'ula y supu t'ula presentan flores macho y hembra en la misma planta o más propiamente en el mismo capítulo (monoicas). Se deduce que la forma de fecundación es autógama con alto porcentaje de polinización cruzada debido a la presencia de insectos polinizadores que son atraídos por el color amarillo de la flor, la disposición estrecha de flores macho y hembra en el capitulo y la frecuente visita de insectos polinizadores.

La semilla alcanza la madurez entre los meses de noviembre a diciembre inclusive en enero según las microzonas del altiplano.

La morfología de la semilla (pequeña y liviana) y su estructura (vilanos) adherida en un extremo, facilita la diseminación de la semilla y dificulta la recolección manual de la semilla. Una vez caída la semilla al suelo, esta se desprende del vilano clavándose en el suelo y cuando logra entrar en contacto con la humedad, esta germina inmediatamente.



Foto 2.
Semilla recolectada y limpiada de t'ula.

La lamphaya presenta flores perfectas y completas, posee nectario y frecuentemente es visitada por abejas y avispas, por lo que se deduce la fecundación varía entre autogamia y alogamia probablemente con predominio de la alogamia. La madurez fisiológica de la semilla presenta un rango amplio en el tiempo, pudiendo madurar entre los meses de enero a marzo, lo que sitúa a la lampaya en riesgo de ser alcanzada por las heladas. Los frutos conteniendo la semilla se forman en grupos, presentan el fruto con cubierta relativamente frágil que contiene dos semillas por cada fruto. La semilla presenta episperma dura de color café oscuro. El tamaño del fruto oscila 2.5 a 3 mm de diámetro y la semilla individual mide 1.0 x 1.5 mm en la parte más ancha de la semilla. La diseminación de la semilla es autócora, puesto que puede rodar de un lugar a otro aprovechando la pendiente y la forma esférica del fruto.

Las pruebas de germinación de la semilla de lampaya no germinaron con la prueba estándar de germinación, por lo que se dedujo que tiene dormancia que puede ser atribuida a la inmadurez del embrión o a la dureza de la testa. Las pruebas de escarificación se encuentran en curso.

Los métodos de multiplicación masiva sugeridas son 1) la siembra directa en maceta en condiciones de vivero o a campo abierto y 2) siembra directa en campo. Otros métodos como la siembra en almacigueras y el trasplante de plantas de sitio a otro sitio en campo no son recomendables según nuestra experiencia, siendo las desventajas el costo elevado en el primer caso y el bajo porcentaje de prendimiento en el segundo.

El método de siembra en maceta implica hacer crecer las plantas en maceta, luego una vez alcanzada la altura de 15 a 25 cm estas pueden ser trasplantas en campo. Este es un método relativamente costoso pero eficiente en cuanto a prendimiento de plantines en campo.

El método de siembra directa en campo consiste en abrir surcos superficiales, distribuir la semilla a chorro continuo estimando obtener una densidad de una planta viva por hectárea. La siembra debe realizarse a inicio de la época lluviosa de tal forma puede facilitar el prendimiento. Se trata de un método que requiere mayor cantidad de semilla frente a la siembra en maceta, además, el prendimiento en campo depende de las condiciones de buena humedad y persistente en el suelo.

Cuadro 1.

Análisis de varianza del porcentaje de germinación de sup'u t'ula procedente de 4 localidades.

F. de V.	Gl	Sc	CM	F	P
Repeticion	2	4.17	2.08	0.17	0.851
Localidades	3	23.58	7.86	0.63	0.623
Error	6	75.17	12.53		
Total	11	102.92			

El Cuadro 1 contiene los resultados del análisis de varianza para el porcentaje de germinación de la semilla de sup'u t'ula procedente de cuatro localidades, constatándose

que no hay diferencias significativas para localidades, lo que es evidencia de que las plantas madre de localidades de donde se ha recolectado la semilla producen semilla viable de calidad similar.

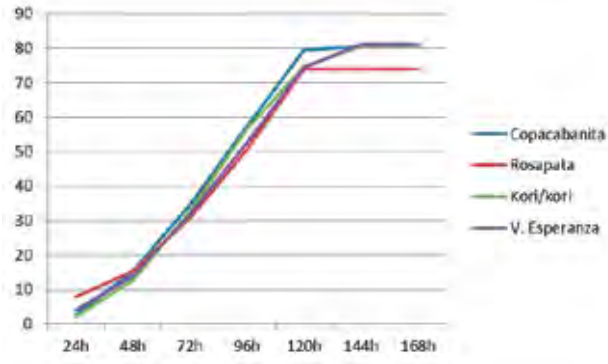


Figura 1.
Curva de germinación de semilla procedente de 4 localidades a distintos intervalos de tiempo.

Según la curva de germinación, la semilla de sup'u tula inicia la germinación a las 24 horas después de prueba alcanzando el máximo porcentaje a los 120 horas trascurridas.

La tendencia en el aumento del porcentaje de germinación de semilla proveniente de las localidades es similar, deduciéndose que poseen viabilidad similar, considerándose que las localidades de donde se ha recolectado semilla puede ser una opción para continuar con la colecta de semilla en las próximas campañas.

Cuadro 2.
Análisis de varianza para semilla de ñak'a t'ula proveniente de dos localidades.

F. de V.	Gl	Sc	CM	F	P
Repeticion	2	84.00	42.00	1.29	0.437
Localidades	1	66.67	66.67	2.04	0.289
Error	2	65.33	32.67		
Total	51	216.00			
CV					

El análisis de varianza para la germinación recolectada en dos localidades, muestra diferencias que no estadísticamente significativas, en otras palabras, son similares en viabilidad. Esto confirma que los sitios elegidos para recolectar semilla son ambas benignas para fines de recolección de semilla.

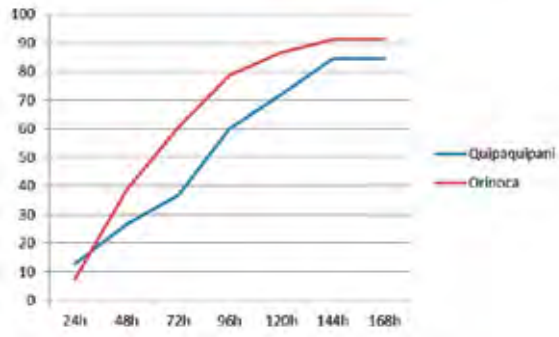


Figura 2.
Curva de germinación de semilla de ñak'a t'ula a intervalos de tiempo.

En cuanto a la viabilidad de semilla la ñak'a, sup'u y uma t'ula no tienen dormancia y germinan con facilidad inmediatamente secada la semilla (Cuadro 1). La semilla germina en un periodo de 10 días y por un periodo de 3 días. En siembra en almacigo y siembra directa en maceta, la emergencia ocurre 15 a 30 días según la temperatura del ambiente. Por otro lado se puede observar las diferencias claras en siembra directa y almacigo, que existe variación en días a la emergencia en las tres especies nativas.

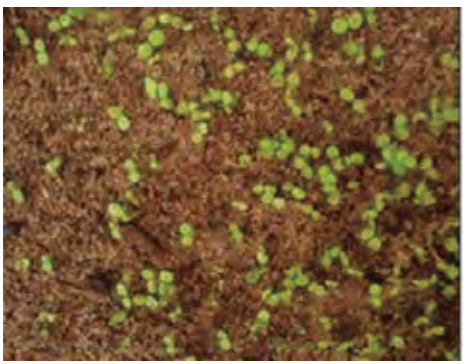




Foto 3.
Siembra en almacigo y siembra directa en macetas plásticas.

Cuadro 3.
Cantidad de semilla recolectada de arbustos nativos en comunidades del altiplano Sur y Centro.

Especie	Sur (g)	Centro (g)	Peso total (g)	Nro semilla
Sup´u t´ula	950	225	1175	1468750
Ñak´a t´ula	380	30	410	683333
Uma t´ula	150	25	175	175000
Total			**1760**	**2327083**

El Cuadro 3 muestra la relación de especies y la cantidad de semilla recolectada en un par de salidas a zonas fuente de semilla. La cantidad total de semilla recolectada alcanza aproximadamente 2327083 unidades que podrían cubrir una superficie de 200 hectáreas en franjas multipropósito plantadas con puramente tulas, pero si intercalamos con especies gramíneas, la cobertura puede duplicarse o triplicarse según la proporción de plantas que se desee establecer. De lo anterior se deduce que es factible recolectar semilla en cantidades razonables para fines de multiplicación masiva para repoblamiento de franjas multipropósito.

Conclusiones

- De las tres especies nativas (ñak'a, sup'u y uma t'ula), estudiadas florecen en septiembre a octubre formando abundante semilla.
- La viabilidad de semilla la ñaka, sup'u y uma t'ula es alta y no tienen dormancia y germinan con facilidad.
- En la siembra directa de ñak'a, sup'u y uma t'ula de las plantulas emergidas mostraron mayor porcentaje de sobrevivencia de plantines, mientras que en siembra en almacigo y posterior repique presentó menor porcentaje de prendimiento, deduciéndose que el estrés no es favorable para las especies.
- Por otro lado la siembra directa en maceta de las tres especies nativas (ñak'a, sup'u y uma t'ula) es recomendable para fines de reducción de costos, siendo la condición la siembra en época lluviosa.
- En un par de salidas de recolección de semilla, se ha recolectado un total de 1760 g de semilla que contiene aproximadamente 2327083 unidades de semilla que podría cubrir fácilmente una superficie de franjas de 200 hectáreas en plantación puro.

Referencias citadas

Beck S., Domic A., Garcia C., Meneses R.I., Yager K., y Halloy S. 2010. El parque nacional Sajama y sus plantas. Fundación PUMA/SERNAP. Oruro, Bolivia. 250 p.

Jacobsen, S-E. 2011. The Situation for Quinoa and Its Production in Southern Bolivia: From Economic Success to Environmental Disaster. J. Agronomy & Crop Science. Miscellaneous:390-399.

Orsag, V. 2011. Evaluación de la fertilidad de los suelos en la zona intersalar. Investigación ambiental. PIEB/DANIDA. La Paz, Bolivia. 174 p.

El rol multipropósito de las leguminosas en el sistema de producción de quinua

Mirian Alcon; Alejandro Bonifacio; Patricia Ramos; Liz Chambi.

Fundación PROINPA.

E-mail: a.bonifacio@proinpa.org y m.alcon@proinpa.org

Resumen

En las zonas de fácil acceso del altiplano y laderas de serranías, se estudió la distribución de especies de parientes silvestres del tarwi conocidas como pila'qila por sus bondades que ofrecen como fuente de materia orgánica y fijación de nitrógeno. Para ese fin, se ha probado la colecta de semilla, los tratamientos de escarificación y pruebas de germinación. Como resultado del trabajo, se ha constatado una diversidad de especies, morfotipos o ecotipos con adaptación específica a las zonas o microzonas del altiplano o laderas de la cordillera Oriental. Entre las especies silvestres, unos son propios de suelos arenales, de laderas, de planicies y especies de cerro. El método de colecta de semilla fue realizada por la cosecha de vainas y colecta de semilla del suelo. La mayoría de las especies presentan dormancia en semillas cuando maduras y secas, aunque hay evidencia de ausencia de dormancia en semillas maduras contenidas en vaina fresca. La germinación de semilla seca es casi nula, llegando apenas al 3%, la semilla tratada con escarificación mecánica alcanza a 8%, el tratamiento con ácido llega a 20% y la escarificación en extracto acuosa de vainas alcanza a 57.67%, 73.33% y 78.0% para ***L. chilensis, Lupinus sp. y L. altimontanus*** respectivamente.

Palabras claves: Tarwi silvestre; parientes del tarwi; leguminosas.

Introducción

En los últimos años, el cultivo de la quinua tuvo un crecimiento alto debido a la gran demanda en los mercados internacionales como ser Norte América, Europa y Japón. Con la mayor demanda del producto y los altos precios, la producción de quinua se ha ampliado. La ampliación de la quinua es más evidente en el Altiplano Sur de Bolivia, le sigue el Altiplano Central y en menor grado en el Altiplano Norte. Con la ampliación

del cultivo de quinua, se habilita nuevas tierras de producción con la consecuente remoción de la vegetación nativa que en la mayoría de los casos es fuente de forraje para los camélidos (Orsag, 2011). La habilitación mecanizada de suelos frágiles como es el Altiplano Sur, conlleva riesgos de provocar erosión y la degradación de suelos si no se toman medidas preventivas como la rotación de cultivos, el repoblamiento vegetal dirigido, establecimiento de barreras vivas, mantener los descansos largos, etc.

En el altiplano Sur de Bolivia, la quinua es el único cultivo adaptado a la zona, por lo que no se tiene especies que puedan rotar con la quinua. Razón por la cual algunos investigadores suelen calificar como una agricultura de monocultivo con riesgos de mayor incidencia de plagas, pérdida gradual de la fertilidad y proporcionado un mensaje de alerta de los riesgos de insostenibilidad de la producción de quinua (Orsag, 2011).

La sostenibilidad de la quinua es preocupación de productores, instituciones de gobierno, universidades, ONGs de desarrollo rural e investigadores. Jacobsen (2011 y 2012) describe al Altiplano Sur como una zona donde tiene lugar la producción de quinua que va de un éxito económico hacia un desastre ecológico. Estas mismas instancias han propuesto algunas alternativas, de las cuales, muy pocas o ninguna fue probado en condiciones de campo y viendo la factibilidad de implementarlo.

Entre la vegetación nativa, el Altiplano presenta algunas especies multipropósito, entre ellos el grupo de las leguminosas. Las leguminosas en simbiosis con bacterias fija el nitrógeno atmosférico para su propio beneficio y también dejan importantes cantidades de nitrógeno en el suelo. Además, una especie leguminosa y otras plantas establecidas en campos de descanso, ofrecen cobertura vegetal protegiendo el suelo de la erosión, ofrece alimento a parasitoides de plagas de la quinua, proporcionan materia orgánica y son forrajeras en algunos casos. De lo anterior, se deduce su rol multipropósito de las leguminosas.

Las leguminosas silvestres del Altiplano presentan una amplia diversidad, estando reportado 80 especies para la zona altoandina (Mujica y Jacobsen, 20011). Sin embargo, no se tiene información sobre las opciones de aprovechar las leguminosas silvestres, no se tiene información sobre la distribución de especies, la biología reproductiva, la fisiología de semilla, métodos de multiplicación masiva. Estos conocimientos son necesarios para aprovechar estas especies en un manejo dirigido.

Por otra parte, el déficit de estiércol es evidente en las zonas productoras de quinua comercial. El estiércol es necesario como fuente de materia orgánica, elementos nutritivos para plantas y sustrato elemental para la vida de los microorganismos benéficos. Ante la ampliación del área de cultivo y la reducción paulatina de la población de camélidos, es predecible el déficit de estiércol fuente básico de materia orgánica. Por tanto, es necesario investigar en otras fuentes de materia orgánica, considerándose a las leguminosas como fuentes de interés multipropósito (materia orgánica, fijación de nitrógeno, cobertura del suelo, entre otros).

Objetivos

- Estudiar la diversidad de especies silvestres de leguminosas del género lupinus.
- Estudiar las opciones de cosecha de semilla.
- Probar la germinación y estudiar la fisiología de semillas de leguminosas silvestres.

Materiales y métodos

El trabajo se ha realizado en sitios y localidades de fácil acceso del Altiplano Norte, Central y Sur donde crecen poblaciones naturales de plantas de lupinus silvestre. El periodo de recorrido por las localidades comprendió los meses de noviembre y diciembre para identificar poblaciones en etapa de floración en las que se realizaron exámenes sobre la formación de vainas y llenado de semilla. En las poblaciones identificadas, se realizaron observaciones de las formas de floración, llenado de grano y madurez.

Posteriormente, entre los meses de febrero y abril se visitaron a las mismas localidades cuando las plantas han ingresado a la madurez fisiológica de la semilla. En esta etapa se realizaron las recolecciones localizadas de semilla. Las visitas para recolectar semilla fueron en los meses de febrero a abril.

En la colecta de semilla se ha tomado dos opciones, una consistente en recolectar vainas maduras pero no secas y la otra opción la colecta de semilla seca.

En la primera opción, la cosecha de vainas fue gradual según la madurez de las vainas en las diferentes ramas de la planta, por lo que fue necesaria al menos dos visitas a los sitios de colecta. Las vainas cosechadas fueron acumuladas en bolsas de polipropileno, transportados a ambientes de trabajo y sometidas a secado para luego trillar y limpiar la semilla.

En la segunda opción, la colecta de semilla seca, fue realizada en las proximidades de las plantas secas de lupinus previamente identificadas en campo. La colecta consistió en recoger la semilla junto a la arena o tierra del lugar, luego este material inerte junto a semilla fue sometido a un proceso de tamizado y venteado para separar la semilla.

La semilla obtenida fue sometida a descripción del color y tamaño de la semilla, luego fue sometido a pruebas de germinación en condiciones de laboratorio empleando capsula Petri con papel secante humedecido.

Una vez constada las dificultades en la germinación, se emplearon diferentes métodos para lograr la ruptura de la dormancia empleando medios mecánicos, soluciones ácidas y extracto vegetal. En la escarificación mecánica se emplearon lija metálica acondicionada en un tambor de hojalata. La semilla fue introducida al tambor y se agitó vigorosamente por 5 minutos. En caso de soluciones, se ha empleado soluciones de ácido y soluciones de extracto de vainas de tarwi silvestre. Las soluciones de ácido fue en una

concentración aproximada de 0.01% de ácido cítrico y también del ácido giberélico. La semilla fue sometida a remojo, luego extraída para el secado. En caso del extracto de vainas de lupinu, esta se basó en la observación de que los granos fisiológicamente maduros y contenidos aun en la vaina germinaron en contacto con la humedad proporcionado por la lluvia. Por lo que se preparó un extracto acuoso de vainas y luego las semillas fueron sometidas a remojo en la solución por un periodo de 12 horas, luego fueron secadas a ambiente.

La semilla sometida a diferentes tratamientos de escarificación físicos y químico fue sometido a pruebas de germinación en laboratorio, registrándose el porcentaje de germinación y el tiempo requerido para la germinación y los conteos respectivos.

Por otra parte, la diversidad de especies fue registrada en imágenes digitales en estado de planta entera, vaina y semilla. En este material se ha registrado las características de la planta, el hábito de crecimiento, ciclo de vida, formación de semilla, adaptación entre otros.

Resultados y discusiones

Las especies de lupinus silvestre o parientes silvestres del tawri o tarwi se conocen con nombres nativos de qila, qila-qila, salqa o salqiri. Los nombres nativos explican la naturaleza dormante de la semilla que permite generar poblaciones irregularmente en periodos de tiempo a manera engañosa. Otra connotación de los nombres nativos se refiere a la condición de facilidad de remover la planta cuando madura. Una acepción podría referirse al color ceniciento o grisáceo de las hojas.

Jacobsen y Mujica (2006), reportan la existencia de 80 especies del género lupinus en los Andes, reportando a las siguientes especies *Lupinus mutabilis, Lupinus cuzcensis, L. tomentosus; L.microphyllus, L. paniculatus, L. aridulus, L. ananeanus, L. condensiflorus, L. chlorolepis, L. tarapacencis, L. subferuquinous, L. dorae, L. macbrideanus, L. ballianaus, L. gilbertianus y L. eriucladus*, siendo utilizados como productos alimenticios, medicinales, rituales, culturales, en transformación, forraje y combustible. Los usos medicinales de especies nativas se encuentran reportadas también por Beck *et al*. (2011).

Las especies de qila-qila tienen floración en verano exhibiendo color azul en la mayor parte de las especies, aunque se ha encontrado especies de flor blanca y flor amarilla. Las vainas pueden ser compactas, laxas, grandes y pequeñas. En cuanto a ciclo de vida, se ha encontrado especies bianuales y plurianuales. En las especies bianuales el tallo es herbáceo de hábito semi erecto y hábito postrado, en cambio, las especies plurianuales tienen hábito semi erecto y ramificado de tallo leñoso.

Las especies bianuales tienen un comportamiento reproductivo muy particular. Estas germinan en el inicio del periodo lluvioso (diciembre), logran enraizamiento profundo en el periodo lluvioso, pasan el invierno con un crecimiento muy lento y con pérdida de algunas hojas, aceleran el ritmo de crecimiento al ingresar a primavera y florecen a finales del mes de noviembre y diciembre, fructifican para marzo y abril. Las nuevas

poblaciones que se generan a partir de la semilla formada tienen lugar después de tres a cuatro años, aunque excepcionalmente se ha visto plántulas de semilla fresca. Esta forma de la biología de la especie es un indicador de las características particulares de la semilla que dan lugar al ciclo de la planta por años consecutivos aparentemente erráticos o engañosos (salqiri). En resumen, se trata de un grupo de especies altamente tolerante a heladas y sequía, su ciclo de vida transcurre bianualmente con regeneración cada tres o cuatro años. Esta situación observada es propia de las especies silvestres, puesto que es una estrategia de sobrevivencia en condiciones adversas de clima y suelo.

Las especies plurianuales tienen crecimiento más alto que las bianuales, siendo de tallo leñoso y floración casi indefinida mientras viva. Su hábitat propio son las laderas de serranías del Altiplano Norte.

Se ha constatado que cada especie tiene su distribución en zonas del Altiplano y micro ecoregiones de cada zona. Algunas especies tiene adaptación amplia y otras tienen adaptación localizada. Aparentemente, la especie *L. altimontanus* se encuentra ampliamente distribuido en el Altiplano, mas propiamente en las laderas de cerro, su distribución abarca desde Puerto Acosta en el Altiplano Norte, pasando por el Altiplano Central hasta el Altiplano Sur, pero siempre siguiendo las laderas de todo el ramal oriental de la cordillera de los Andes.

La especie, *Lupinus chilensis* se encuentra distribuida en sitios relativamente menos extensas y mas propiamente en suelos arenales de planicie y pie de monte. Esta especie tiene la particularidad de formar abundante follaje y es palatable al menos para ovinos. Generalmente se encuentra en zonas de producción de quinua del altiplano Sur. Se deduce que es más tolerante a heladas y sequía.

Las características de la semilla de lupinu silvestre presentan diferencias morfológicas en color de grano, aunque predomina el color oscuro jaspeado de trazos de color más claro o salpicado. El tamaño varia de pequeño, mediano hasta grande muy cercano a la especie cultivada *L. mutabilis*. Se ha constado que el tamaño de grano varía de acuerdo al tamaño de vaina y en algunos casos con el tamaño foliolos y altura de planta. En resumen, se ha encontrado granos de diferente tamaño que refleja la evolución de la especie o la domesticación de la especie, situación por primera vez observada en estas especies.

La semilla madura y seca de las especies de lupinus silvestre presenta dormancia, atribuyéndose en primera instancia a la dureza de la testa de la semilla. Esta afirmación se encuentra sustentada por las observaciones de caso de las especies en condiciones naturales donde las especies de lupinus silvestre forman colonias dispersas cada tres a cuatro años en los mismos sitios. Lo que refleja la dormancia de las semillas y su ruptura natural de la dormancia en ese periodo de tres a cuatro años al estar sometidas al intemperismo y escarificación natural. Por otra parte, se ha evidenciado que las semillas naturalmente escarificadas germinan en el periodo de lluvias, generalmente

en diciembre, las plántulas sobreviven todo el invierno y ingresan en floración en el mes de diciembre próximo para fructificar en enero o febrero. Esta característica de ciclo de vida de las especies es muy interesante, por su alta tolerancia a heladas y sequía como también por su condición fijadora de nitrógeno, pudiendo ser incorporado en planes de manejo dirigido siempre y cuando se supere el problema de dormición.

Los tratamiento de escarificación con lija metálica y los tratamientos con solución diluidas de ácido no dieron resultados alentadores en porcentaje de germinación, siendo muy bajos. El único tratamiento que ha resultado satisfactorio es la solución de extracto acuoso de vainas de la especie lupinus silvestre.

Cuadro 1.

Análisis de varianza para porcentaje de germinación de tres especies de lupinu silvestre (24 h).

F. de V.	gl	Sc	CM	F	P
Especies	2	683.56	341.78	14.79	0.014
Repetición	2	118.22	59.11	2.56	0.193
Error	4	92.44	23.11		
Total	8	894.22			
CV		11.6			

El análisis de varianza para el porcentaje de germinación de semilla de las especies, muestra diferencias estadísticas significativas, lo que quiere decir que las especies responden de manera diferente a la germinación con solución acuosa de extracto de vaina de lupinu.

Cuadro 2.

Prueba de Duncan para porcentaje de germinación de especies de lupinu (24 h).

	Prueba de Duncan (0.05)	Grupos
3. L. chilensis	30.67	A
2. Lupinus sp.	42.00	A B
1. L. altimontanus	52.00	B

Según la prueba de Duncan, *L. chiensis* constituye un grupo diferente y con menor porcentaje de germinación a los 24 horas de prueba. Las otras especies registran germinación similar en porcentaje, aunque *L. altimontanus* es el que tiene mayor porcentaje de germinación.

Cuadro 3.
Análisis de varianza para porcentaje de germinación de tres especies (48 h).

F. de V.	gl	Sc	CM	F	P
Especies	2	576.22	288.11	6.74	0.050
Repetición	2	150.89	75.45	1.76	0.282
Error	4	171.11	42.78		
Total	8	898.22			
CV		9.5			

El Cuadro 3 contiene los resultados del análisis de varianza para porcentaje de germinación a 48 h de prueba empleando semilla tratado con solución de extracto de vainas. Las diferencias para especies de tarwi silvestre son estadísticamente significativas, reflejando diferencias entre especies para la variable porcentaje de germinación.

Cuadro 4.
Prueba de Duncan para porcentaje de germinación de especies de lupinu (48 h).

Especies	Prueba de Duncan (0.05)	
3 *L. chilensis*	57.67	A
1 *L. altimontanus*	71.33	B
2 *Lupinus sp.*	76.67	B

Según el Cuadro 4 que contiene la comparación múltiple de Duncan, *L. chilensis* forma un grupo separado y con bajo porcentaje de germinación (57.7%), mientras que *L. altimontanus y Lupunus sp.* registran germinación entre 71.3 a 76.7%.

Cuadro 5.
Análisis de varianza para porcentaje de germinación de tres especies (72 h).

F. de V.	gl	Sc	CM	F	P
Especies	2	680.67	340.33	11.10	0.023
Repetición	2	108.67	54.33	1.77	0.281
Error	4	122.67	30.67		
Total	8	912.00			
CV					

El análisis de varianza del Cuadro 5 muestra similares resultados para el porcentaje de germinación a intervalos de 24 y 48 horas de prueba. Esto confirma las diferencias entre especies para el porcentaje de germinación entre especies.

Cuadro 6.
Prueba de Duncan para porcentaje de germinación de especies de lupinu (72 h).

	Prueba de Duncan (0.05)	
3 *L. chilensis*	57.67	A
1 *L. altimontanus*	73.33	A B
2 *Lupinus sp.*	78.00	B

La prueba de germinación de semillas de lupinu silvestre reporta grupos diferentes según la prueba de Duncan. La especie *L.altimontanus* alcanzó 78% de germinación y es en mayor porcentaje entre las especies, pudiendo ser una especie alternativa para trabajar en siembras dirigidas como fuente de materia orgánica y nitrógeno atmosférico.

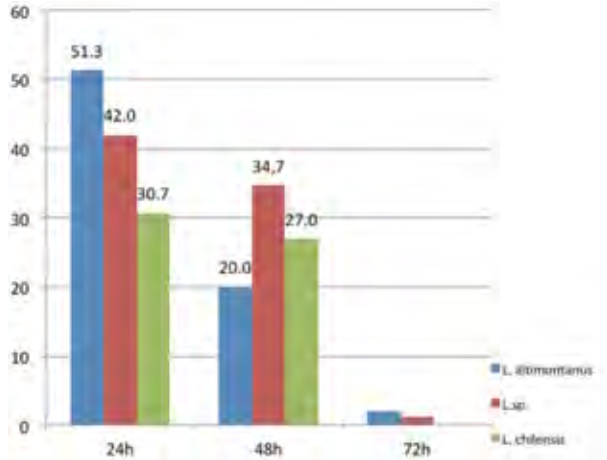


Figura 1.
Porcentaje de germinación de tres especies de lupinu a intervalos de tiempo.

La Figura 1 muestra el porcentaje de germinación para las diferentes especies a intervalos de tiempo de prueba. *L. altimontanus* se muestra como la especie con mejor respuesta al tratamiento con solución de extracto de vaina, puesto que alcanza el mayor porcentaje de germinación en las primeras 24 horas. Esto es muy importante para propósitos de garantizar la germinación y el enraizamiento acelerado.

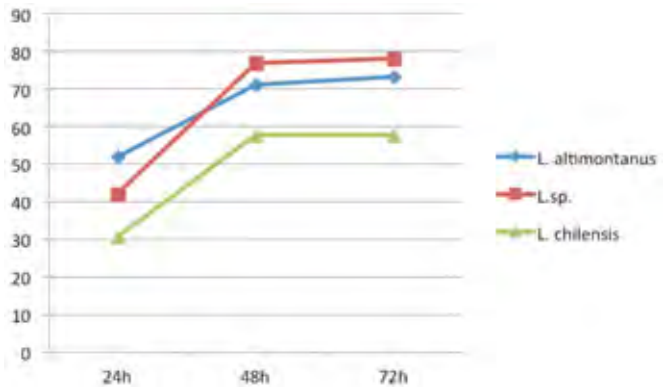


Figura 2.
Porcentaje de germinación acumulada de tres especies de tarwi silvestre.

Según la Figura 2, la mayor germinación tiene lugar entre 24 y 48 horas, posteriormente, los incrementos son mínimos o se mantiene constante, por tanto, para las pruebas de germinación debería considerarse las primeras 48 horas de prueba.

Conclusiones

- Las especies de lupinus se encuentran distribuidas en colonias dispersas en el Altiplano.
- Cada una de las especie son morfotipos o ecotipos con adaptación específica a las zonas o microzonas del Altiplano o laderas de la cordillera Oriental.
- Entre las especies silvestres, existen especies propios de suelos arenales, especies de laderas, especies de planicies y especies de cerro.
- El método de colecta de semilla puede ser de dos formas, colecta de vainas y colecta de semilla, dependiendo de las condiciones del suelo y facilidades de colecta.
- La mayoría de las especies presentan dormancia en semillas maduras y secas, aunque hay evidencia de ausencia de dormancia en semillas maduras contenidas en vaina fresca.
- La germinación de semilla seca es casi nula, llegando apenas al 3%, la semilla tratada con escarificación mecánica alcanza a 8%, el tratamiento con ácido llega a 20% y la escarificación en extracto acuosa de vainas alcanza a 57.67%, 73.33% y 78.0% para *L. chilensis, Lupinus sp y L..altimontanus* respectivamente.
- Una vez superada la dormancia de la semilla, estas especies se constituyen en fuente de materia orgánica y nitrógeno para sistemas de producción orgánica de quinua.

Referencias citadas

Beck S., Domic A., Garcia C., Meneses R.I., Yager K., y Halloy S. 2010. El parque nacional Sajama y sus plantas. Fundación PUMA/SERNAP. Oruro, Bolivia. 250 p.

S-E. Jacobsen & Mujica A. 2006. El tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet.) y sus parientes silvestres. Botánica económica de los Andes Centrales. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia. 458-482.

Jacobsen, S-E. 2011. The Situation for Quinoa and Its Production in Southern Bolivia: From Economic Success to Environmental Disaster. J. Agronomy & Crop Science. Miscellaneous:390-399.

Jacobsen, S-E. 2012. La producción de quinua en el sur de Bolivia: del éxito económico al desastre ambiental. LEISA 28(4):22-24.

Efecto de microorganismos en dos cultivares de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) En condiciones de invernadero

Gladys Main; Javier Franco.

Fundación PROINPA.

E-mail: g.main@proinpa.org

Resumen

En condiciones de invernadero fueron evaluadas las variedades de quinua Blanquita y Pisan Kaya Negra al hongo micorrizico ***Glomus intraradices*** de diferentes procedencias a concentraciones de 225, 180 y 72 esporas/maceta y las bacterias ***Bacillus subtilis*** y ***B. amyloliquefaciens*** a una concentración de 5 x10 ^{10}. El estudio se realizó bajo un diseño completamente al azar y bifactorial con una covariable. Las variables agronómicas evaluadas como la altura de planta, peso de follaje y peso de planta (raíz más follaje) presentaron diferencias significativas entre variedades, no así el efecto de microorganismos y la interacción. Por otro lado, el número de planta fue significativa. La presencia de hongos micorricicos en las raíces de quinua de la variedad Blanquita fue nula con las diferentes concentraciones de inoculo. Sin embargo, al corte realizado de las raíces se identificaron hongos endofíticos con hifas septadas. Los resultados mostraron que a medida que aumentaba la incidencia del hongo aumentó la altura y el peso del follaje en el cultivar de quinua Blanquita. La presencia de los hongos endofíticos en la variedad de quinua Pisan Kaya Negra está en proceso de análisis.

Palabras claves: Micorrizas; bacterias; ***Bacillus; Glomus.***

Introducción

En los últimos tiempos la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) ha adquirido mayor importancia debido al incremento de la demanda del mismo por su alto valor proteico (15 %), aminoácidos esenciales , fuente de vitaminas y minerales y su alto contenido de polifenoles, fitoesteroles y flavonoides (Abugoch, 2009).

La producción de quinua en Bolivia aumentó 54% desde la campaña agrícola 2007-2008 y alcanzó su record histórico en la campaña 2011-2012. Las hectáreas cultivadas crecieron en 39 % en el mismo periodo (IBCE, 2012).

Aún cuando ha aumentado el área cultivada en los últimos diez años, el rendimiento por hectárea a disminuido aproximadamente de 700 a 570 kilogramos por hectárea en 2009, como consecuencia de los profundos cambios que está experimentando el Altiplano boliviano; uno de los cuales es la reducción de los periodos de barbecho a uno o dos años, donde antes solían ser de dos a seis años y el uso intensivo de los suelos lo que provoca la pérdida de fertilidad de los suelos (Jacobsen, 2011).

Frente a esta situación los microorganismos constituyen una alternativa para mejorar la fertilidad de los suelos, aun cuando las micorrizas no viven en simbiosis con las *Chenopodiaceae* (Tester *et al.*, 1987). Las interrelaciones entre microorganismos inciden en la interacción suelo-planta-microorganismo-ambiente y repercuten de forma directa, en el crecimiento y el desarrollo de las especies vegetales. La respuesta de las plantas a la inoculación depende de las compatibilidades funcionales en la fisiología y en la bioquímica de la interacción, entre los componentes microbianos (Vásquez *et al*., 2000).

Por lo expuesto en el presente estudio se evaluaron las bacterias *Bacillus subtilis* y *B. amyloliquefaciens* y el hongo micorrizico *Glomus intraradices* por su efecto en el desarrollo de los cultivares de quinua Blanquita y Pisan Kaya Negra.

Materiales y métodos

En condiciones de invernadero fueron evaluadas las variedades de quinua Blanquita y Pisan Kaya Negra al hongo micorrizico *Glomus intraradices* de diferentes procedencias a concentraciones de 225, 180 y 72 esporas/maceta y dos bacterias (*Bacillus subtilis* y *B. amyloquefaciens)* a una concentración de 5 x10 ^{10}en macetas de un kilogramo con tres repeticiones (Cuadro 1).

Cuadro 1.
Tratamientos y procedencia de microorganismos aplicados a los cultivares de quinua Blanquita y Pisan Kaya Negra.

Microorganismo	Abreviatura	Procedencia	Empresa
Glomus intraradices	Gi 180	Canadá	ASP-A Canada
Glomus intraradices	Gi 72	Canadá	ASP-A Canada
Glomus intraradices	Gi 225	Alemán	Symplanta
Bacillus amyloquefaciens	Ba	Nativo	
Bacillus subtilis	Bs	Alemán	Bayer
Testigo	Tes		

Las variables evaluadas por planta fueron : altura (cm), longitud de raíz (cm), peso de raíz (g), peso de follaje (g) y peso de planta (raíz y follaje), las cuales fueron analizadas

con un modelo lineal mixto bajo la estructura del diseño completamente al azar, experimento factorial 2 * 6 y la covariable número de plantas. Así mismo, estas variables fueron procesadas por el análisis de regresión múltiple con las covariables número de plantas y porcentaje de incidencia del hongo endofítico (Steel y Torrie, 1992; SAS Institute Inc., 2013).

Observación de hongos

La muestra de raíz de quinua fue lavada sobre un colador y colocada a un tubo de ensayo, al que luego se añadió una solución de KOH al 10% (100 g KOH por 1000 ml agua) y se dejó en reposo por 12 horas, luego se cambió el KOH y se calentó en estufa a 90ºC durante 30 minutos, posteriormente se lavó con bastante agua y se añadió tinta acidificada con 5 % de tinta (Pelikan) y 5 % de acido acético (50 ml Tinta, 50 ml de ácido acético por 1000 ml de agua) y se calentó en estufa a 90ºC durante 15 minutos. Posteriormente se realizaron cortes de aproximadamente 1 cm de largo y se colocaron sobre portaobjetos y se cubrieron con cubreobjetos (Brundrett *et al*., 1985).



Figura 1. Plantas de quinua en invernadero

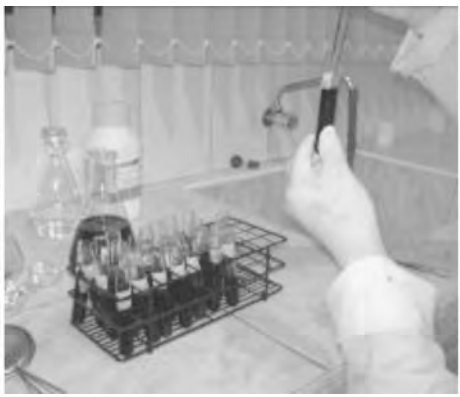


Figura 2. Tinción de raíces de quinua para observar hongos



Figura 3. Cortes de raíces para observación en el microscopio

Resultados y discusión

Variables agronómicas

Las variables agronómicas evaluadas en el cultivo de quinua como la altura de planta, peso de follaje y peso de planta (raíz más follaje) presentaron diferencias significativas (P: 0.01) entre variedades, por otra parte el efecto de microorganismos y la interacción no fue significativa (P: 0.05). El número de plantas fue significativo para todas las variables (Cuadro 2).

Cuadro 2.
Prueba de efectos fijos de cinco variables según cultivo y microorganismos.

Fuente variación	Grados libertad		Altura	Longitud de raíz	Peso de raíz	Peso de Follaje	Peso de planta
	Num.	Den.					
Variedades	1	20	0.0012 **	0.1777ns	0.2454ns	0.0018 **	0.0020 **
Microorganismo	5	20	0.2458 ns	0.9931ns	0.1174ns	0.3601ns	0.3718ns
Variedades*Microorg.	5	20	0.4052 ns	0.3920ns	0.1148ns	0.5303ns	0.5403ns
Número de plantas	1	20	0.0001 **	0.0005 **	0.0607 **	0.0026 **	0.0026 **

**: Significativo a P: 0.01
Ns: No significativo a P: 0.05

En el Cuadro 3, las variedades Blanquita y Pisan Kaya Negra presentaron diferencias en la altura de de planta, peso de follaje y peso de planta, a favor de la variedad Blanquita.

Cuadro 3.
Promedios de cinco variables según cultivo.

Cultivo	Altura	Longitud de raíz	Peso de raíz	Peso de Follaje	Peso de planta
Blanquita	47.53 a	14.56 a	0.76 a	6.74 a	7.50 a
Pisan kaya negra	36.49 b	16.59 a	0.69 a	2.97 b	3.65 b

Nota: Promedios con la misma letra no son significativamente diferentes a P: 0.05

Evaluación de hongos y su efecto

La presencia de hongos micorricicos en las raíces de quinua de la variedad Blanquita fue nula, aún con la presión de inoculo. Este resultado en el cultivar Blanquita se confirma con la literatura, en la que las *Chenopodiaceas* no se asocian con las micorrizas (Tester *et al*., 1987)).

Sin embargo luego de los cortes realizados en las raíces se identificaron hongos endofíticos cuyas hifas son septados.

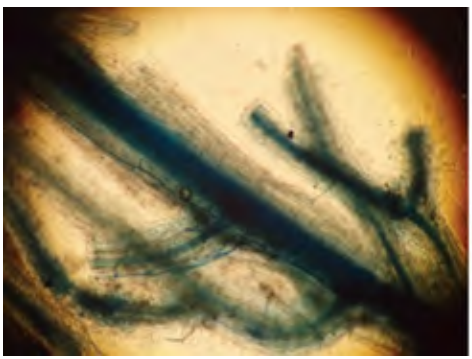


Figura 4. Hongo endofítico en raices de la variedad de quinua Blanquita



Figura 5. Hifas septadas del hongo endofítico en raices de la variedad de quinua Blanquita

El análisis de regresión en el Cuadro 4 presenta significación estadística en altura de planta y peso de follaje (P: 0.05); por otra parte los coeficientes de regresión, específicamente para la incidencia del hongo endofítico muestra un afecto significativamente (P: 0.10), es decir, a medida que aumenta la incidencia del hongo aumenta la altura y el peso del follaje, tal como señala Vasquez *et al.* (2000) que las interrelaciones repercuten de forma directa en el crecimiento y desarrollo de especies vegetales.

Cuadro 4.

Análisis de varianza debido a la regresión múltiple de cinco variables por efectos de número de plantas e incidencia del hongo endofítico en cultivo Blanquita.

Fuente variación	Altura	Longitud de raíz	Peso de raíz	Peso de Follaje	Peso de planta
Regresión	0.0157 *	0.2556ns	0.1212ns	0.0245*	0.0299 *
Estadísticos					
Intercepto	0.0020 **	0.0882 °	0.0153 *	0.0373 *	0.0332 *
Número de plantas	0.0234 *	0.6086ns	0.0558 °	0.0483 *	0.0486 *
Incidencia del hongo endofítico	**0.0999 °**	0.2347ns	0.2137ns	**0.0880 °**	0.1302ns

ns: No significativo a P: >0.10
°: Significativo a P: 0.10
*: Significativo a P: 0.05
**: Significativo a P: 0.01

En la Figura 6, se observa que a medida que incrementa el número de plantas, las alturas de planta serán menores y por cada unidad del porcentaje de incidencia del hongo endofítico las plantas de quinua son más altas. Este comportamiento también se observa en el peso del follaje (Figura 7). En ambas figuras se observa que los microorganismos *Glomus y Bacillus* presentes en el suelo disminuyen la incidencia del hongo endofítico, esta respuesta probablemente se deba a las incompatibilidades funcionales en la fisiología y bioquímica de las interacciones. Respecto a la variedad de quinua Pisan Kaya Negra los análisis para confirmar la incidencia y frecuencia del hongo endofítico están en proceso.

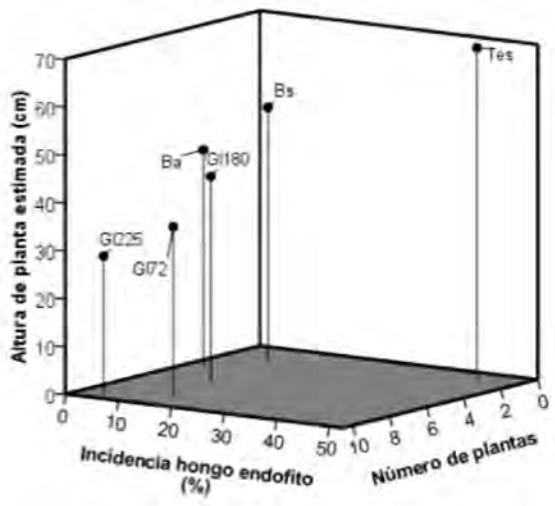


Figura 6.
Dispersión de la altura de planta por efecto de la incidencia del hongo endofítico y número de plantas. [Altura planta=55.299–2.828*NPlanta + 0.374*Hongo].

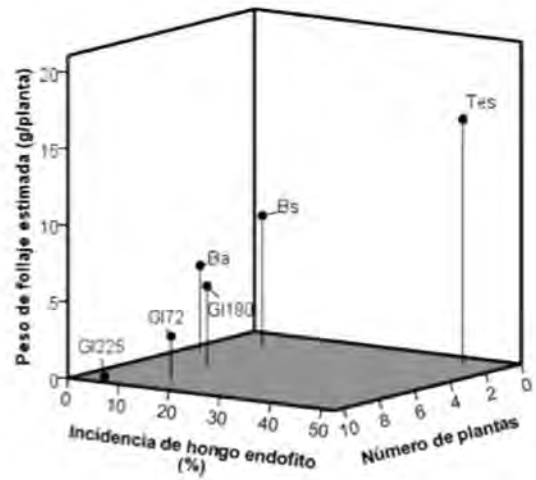


Figura 7.
Dispersión del peso del follaje de la planta por efecto de la incidencia del hongo endofítico y número de plantas. [Peso follaje=8.873-0.968*NPlanta + 0.1803*Hongo].

Conclusiones

- La presencia de hongos endofiticos en la quinua permite un mejor desarrollo del cultivo aun en condiciones inhóspitas.
- La inoculación de microorganismo en los cultivos debería estudiarse ya que podría estar afectando a su microflora.

Agradecimientos. Los autores agradecen el apoyo del Ing. Edwin Iquize en los análisis estadísticos efectuados. La presente investigación fue financiada por el Séptimo Programa Marco de la Comunidad Europea P7/2007-2013 bajo el acuerdo N° 227522.

Referencias citadas

Abugoch, L. 2009. Quinoa *(Chenopodium quinoa* Willd *):* composition, chemistry, Nutritional and functional properties In advances in Food and Nutrition Research , Volumen 58 Santiago, Chile

Brundrett, M.C., Piche,Y. & Peterson, R. L. 1985. A developmental study of the early stages in vesicular-arbuscular mycorrhiza formation. Canadian Journal of Botany 63, 184-194.

Instituto Boliviano de Comercio Exterior. 2012. Quinua en Bolivia. Boletín Electrónico Bisemanal Nº 179.

Jacobsen S. 2011. La producción de Quinua en el Sur de Bolivia en LEISA Revista de Agroecología 28-4 20-24.

Tester, M., Smith, S.E. Smith F. A. 1987. The phenomenon of non mycorrhizal plants Canadian Journal of Botany 65: 419-431.

SAS Institute Inc. 2013. Documentation for SAS/STAT, Version 9.2. www.sas.com

Steel R.and Torrie, J. 1992. Bioestadística: principios y procedimientos. McGraw-Hill, México DF. 621 p.

Vásquez M.M. ,César, S.; Azcón, R. ;Barea, J.M. 2000 . Interactions between arbuscular mycorrhizal fungi and other microbial inoculants (*Azospirillum, Pseudomonas, Trichoderma)* and their effects on microbial population and enzyme activities in the rhizosphere of maize plants. Applied Soil Ecology 15:261 272.

Escuelas de Campo de Agricultores (ECAs): Una herramienta para el fortalecimiento en el proceso de producción y comercialización de semilla de quinua

José Marconi; Miguel Gonzales; Fredy Ramos; José Mamani; Javier Aguilera; Monica Gutierrez.

Proyecto Semillas Andinas, FAO – INIAF – MDRyT.

E-mail: jose.marconi@fao.org y javier.aguilera@fao.org

Resumen

El objetivo de la experiencia fue implementar Escuelas de Campo de Agricultores - ECAs para fortalecer las capacidades organizativas y en producción y comercialización de semilla certificada de quinua. En septiembre 2011, se implementaron 8 ECAs en los departamentos de La Paz, Oruro y Potosí, participando 128 agricultores en el proceso de capacitación. En base a una curricula de capacitación, se desarrollaron 12 temas de las cuales 8 estuvieron relacionados a temas productivos del cultivo y 4 referidas a Gestión Empresarial. Con cada ECA se establecieron parcelas de capacitación y parcelas de producción de semilla, llegando a un total de 29.1 hectáreas, de las cuales se perdieron 8.7 hectáreas debido a factores climáticos adversos. Para la siembra se utilizaron dos variedades mejoradas y seis ecotipos de quinua real. Todas las parcelas fueron inscritas ante el INIAF para su inspección y certificación. En Gestión Empresarial se capacitó sobre el plan de mercadeo, organización empresarial, temas legales (obtención de personería jurídica), manejo de registros, liderazgo empresarial, estrategias de comercialización. Dentro de la estrategia de gestión empresarial, se proporcionaron varios elementos que están siendo aplicados por las organizaciones semilleras: el plan de negocios, plan de mercadeo, manejo de registros, y las estrategias promocionales. Asimismo, participaron en ferias, ruedas de negocios, reuniones con posibles compradores, tanto del sector público como privado, eventos promocionales (año internacional de la quinua, ruta de la quinua). En estos eventos las organizaciones se visibilizaron y promocionaron como proveedores de semilla certificada de quinua con perspectivas de mantenerse en esta actividad en forma sostenible. Se obtuvo para la venta 9,258 kg de semilla certificada, y los agricultores esperan obtener un ingreso económico aproximado de Bs. 462,900, ($us 66,509).

Palabras claves: Quinua; ECAs; capacitación; semilla certificada; fortalecimiento organizacional.

Introducción

El Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras (MDRyT), y su entidad descentralizada, Instituto de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF), con la cooperación de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), ejecutan el proyecto: "Mejora de la producción, acceso y uso de semilla de calidad en la zona Alto Andina de Bolivia que involucre a la Agricultura Familiar Campesina" denominado con el nombre corto de proyecto "Semillas Andinas".

Como base de la ejecución del proyecto, se viene utilizando la metodología de las Escuelas de Campo de Agricultores (ECAs), para implementar y fortalecer asociaciones de productores de semilla certificada de quinua a nivel de la Agricultura Familiar Campesina (AFC) de la región alto Andina.

La ECA es una metodología participativa desarrollada por la FAO que apoya procesos de enseñanza-aprendizaje de agricultores en el manejo de tecnologías, a través de procesos de experimentación y de aprendizaje por descubrimiento (FAO, 2009). El diseño de la metodología de ECAs está basado en la Teoría de Educación de Adultos (Ciclo de Aprendizaje y Principios de Educación de Adultos) y su ejecución en la aplicación del enfoque "aprender haciendo". La metodología ECA transforma a los agricultores, de receptores de la información en generadores y procesadores de los datos locales, constituyéndose en agentes de cambio en sus comunidades.

Actualmente el uso y acceso de semillas de calidad en la zona Alto Andina del país es muy baja, dando como resultado rendimientos muy pobres, especialmente en el cultivo de quinua. En este sentido uno de los objetivos del proyecto fue: Implementar ECAs para fortalecer las capacidades organizativas y productivas referidas a la producción y comercialización de semilla de quinua a nivel de la AFC en la zona alto Andina de Bolivia. En base a estas ECAs, formar "pequeñas empresas semilleras", capacitadas en tecnologías validadas para la producción de semilla de calidad de quinua y fortalecidas en capacidades y habilidades de organización, mercadeo, manejo de costos, registros y competitivas en el mercado de semilla de quinua.

Materiales y métodos

Ubicación y beneficiarios

El proyecto se desarrolla en el Altiplano boliviano en los Municipios de: Viacha en el departamento de La Paz, El Choro y Machacamarca en el departamento de Oruro, Tomave y Llica en el departamento de Potosí.

El Altiplano abarca el 28% del territorio nacional, con 246.254 km^2 y una altitud media de 3.800 metros sobre el nivel de mar. Las temperaturas registradas son las más bajas del país y pueden llegar hasta los 20ºC bajo cero, con un promedio de 10ºC.

Los agricultores beneficiarios del proyecto están considerados como pequeños agricultores, principalmente por la tenencia de la tierra que fluctúa entre 0.5 y 10 hectáreas. Las principales fuentes de ingresos de las familias provienen principalmente de la agricultura y la ganadería, adicionalmente realizan actividades como el comercio, la venta de fuerza de trabajo y otras. En general el nivel productivo es bajo, debido a varios factores, entre ellos el uso de semilla de baja calidad, la falta de acceso a innovaciones tecnológicas que se adapten a la región, la falta de información sobre entidades de apoyo y estrategias de mercado.

Proceso para la implementación de ECAs

El proceso de implementación de las ECAs se inició en septiembre del 2011, coincidiendo con la época de siembra. En esta primera campaña agrícola se dio énfasis a la capacitación en el proceso productivo del cultivo y a las normas para la producción de semilla certificada de quinua. En la campaña 2012 -2013, se reforzaron los conocimientos productivos y se dió énfasis en la capacitación de temas de mercado, comercialización y la visión empresarial para que las agrupaciones se conviertan en pequeñas asociaciones o empresas semilleristas de quinua.

Establecimiento de las ECAs

Se inició el proceso identificando a las comunidades donde se implementarían las ECAs, se tomó contacto con las autoridades y/o líderes comunales con el propósito de explicar el alcance del proyecto y coordinar la forma de trabajo. En una reunión comunal se presentó el proyecto y la metodología ECA, sus ventajas y desventajas, las responsabilidades que asumen los participantes y facilitadores. Se aclaró que la metodología de capacitación es horizontal y lo que se pretende es complementar el conocimiento local con la experiencia de los facilitadores.

Desarrollo de la capacitación

Diagnostico participativo. Se realizó un diagnóstico participativo a nivel de cada ECA, para determinar la existencia de problemas o restricciones en su sistema organizativo, productivo y comercial. En orden de importancia se destaca: el ataque de plagas, la baja fertilización de los suelos, variedades mejoradas y factores climáticos adversos. Una limitante recurrente en todas las ECAs fue el poco conocimiento sobre la comercialización. Toda esta información permitió diseñar una estrategia de capacitación, para atender principalmente las limitantes identificadas.

La currícula de capacitación. Los temas de capacitación fueron elaborados entre los participantes y el facilitador y en base al diagnóstico participativo. Se dio prioridad a las limitantes identificadas y a los vacíos de conocimiento o información de los participantes. Se acordó realizar las reuniones con una frecuencia de 7 o 15 días, en función al desarrollo del cultivo y a las actividades de campo. Se conformó una directiva compuesta por un presidente, tesorero y secretario de actas.

Establecimiento de la parcela de estudio. Se solicitó a los grupos proporcionar una parcela donde se realizaría la capacitación práctica durante el desarrollo del cultivo. Estas parcelas se constituyeron en las parcelas de estudio donde los participantes "aprenden por descubrimiento", es decir como un laboratorio de aprendizaje en vivo.

Con el fin de enriquecer los conocimientos y experiencias de los productores, se programaron actividades complementarias tales como visitas de intercambio de experiencias, participación en ferias comunales, provinciales, departamentales y se realizaron días de campo.

El proceso para la producción, certificación y comercialización de semillas

Al interior de cada ECA, se conformaron comités para la producción y comercialización de semilla de quinua, estos comités estuvieron conformados por 2 o 3 personas elegidas por el grupo, comprometidos, responsables, motivados y con aptitudes y destrezas para negociar y con disposición de tiempo para realizar las actividades relacionadas a su cargo.

El comité de producción de semilla certificada

Con el propósito de obtener semilla de buena calidad y con los requisitos que exige la norma de certificación de semilla de quinua, se conformaron comités de producción, los cuales tienen bajo su responsabilidad elaborar y proponer los "Planes de Producción", es decir organizar el sistema productivo de los grupos y hacerlo más eficiente para responder a la demanda del mercado con un producto de mayor calidad, aportar información productiva para la elaboración del plan de negocios y conocer la posibilidad técnica, humana y financiera de la producción en función a la demanda del mercado.

Ese comité está además encargado de realizar el "Control interno de Calidad", realizando al menos 3 inspecciones del cultivo: en la siembra, en floración y almacén. En estas inspecciones, el comité debe observar si existe la presencia de plagas y enfermedades, el estado general del cultivo, las labores culturales y finalmente las labores de cosecha, pos cosecha y almacenamiento. Finalmente, el comité retroalimenta a los agricultores y en conjunto realizan las tareas pertinentes para corregir y mejorar el manejo del cultivo.

Comité de comercialización

En cada ECA, se conformó un comité de comercialización el cual se encarga de promocionar y realizar contactos con los potenciales compradores (agricultores de comunidades vecinas, Municipios e instituciones públicas y privadas), buscar mercados potenciales, conocer la competencia, fijar precios y encargarse de la distribución y venta de la semilla. La formación de estos comités marca la diferencia con otras organizaciones asociadas, que por lo general no consideran un comité de producción y comercialización en su estructura organizativa.

Resultados y discusión

Agricultores capacitados

Se implementaron un total de 8 ECAs, 3 en el municipio de Viacha del departamento de La Paz, 2 en los municipios de El Choro y Machacamarca del departamento de Oruro, y 3 en los municipios de Llica y Tomave del departamento de Potosí. En las sesiones de capacitación participaron 128 agricultores de los cuales el 37% fueron mujeres (Cuadro 1).

Cuadro 1.
Agricultores capacitados en producción de semilla de quinua.

Dpto.	Municipio	ECA	Participantes		Total
			Varones	Mujeres	
La Paz	Viacha	Jalsuri	10	6	16
		Callisaya	10	5	15
		Chuquiñuma	9	6	15
Oruro	El Choro	Santa Maria	11	4	15
	Machacamarca	Chaupingenio	8	6	14
Potosi	Tomave	Opoco	11	7	18
		Tomave	7	7	14
	Llica	Uyuni K	15	6	21
TOTAL		**8 ECAs**	**81**	**47**	**128**
			63%	**37%**	**100 %**

Temas de capacitación. Los temas desarrollados en las sesiones de capacitación fueron: Primera reunión ¿Qué es un ECA?, planificar e instalar el campo semillero de quinua, norma para la producción de semilla certificada de quinua, plan de producción y mercadeo, labores culturales para la producción de semilla de quinua, manejo integrado de la polilla de la quinua, manejo integrado del mildiu de la quinua, sistema de Control Interno de Calidad, plan de negocios, cosecha y pos cosecha de quinua, conceptos sobre calidad de semilla y costos de producción y fijación de precios.

Establecimiento de parcelas semilleras

En la campaña agrícola 2012 -2013, los grupos ECAs, establecieron un total de 29.1 hectáreas de producción de semilla, distribuidos en los departamentos de La Paz, Oruro y Potosí. Para la siembra de estas parcelas se utilizaron dos variedades mejoradas de quinua (Jacha Grano y Kurmi) y seis ecotipos de quina real (Pizancalla, Puñete Blanca, Real Negra, Pandela Rosada, Toledo Rojo, Real Blanca).

Debido a factores climáticos adversos durante el ciclo del cultivo, tales como sequias durante la siembra, exceso de precipitaciones durante el desarrollo del cultivo, y heladas durante la floración, se perdió un total de 8.7 hectáreas entre los tres departamentos, llegando a tener 20.4 hectáreas disponibles para la certificación respectiva.

Producción de semilla certificada, ingresos y proyección de siembra

Las 20.4 hectáreas semilleristas fueron inscritas para certificación en las oficinas de semillas del INIAF en los departamentos de La Paz, Oruro y Potosí.

Producción de semilla. De las 20,4 hectáreas semilleristas, se obtuvo una producción total de 11,572 kg, con un rendimiento promedio de 567 kg/ha. En el proceso de acondicionamiento se descartaron los granos inmaduros, pequeños o partidos que corresponden en promedio del 20% de la producción total, obteniéndose un total aproximado de 9,258 kg de semilla certificada para la venta.

Cuadro 2.
Variedades y ecotipos de quinua sembradas y categorías obtenidas.

Variedades mejorada	Ecotipos	Categoría sembrada	Categoría obtenida
Jacha Grano		Básica 2	Registrada
Kurmi		Certificada	Certificada
	Toledo Rojo	Registrada	Certificada 1
	Pandela Rosada	Registrada	Certificada 1
	Real Blanca	Certificada B	Certificada B
	Pizancalla	Certificada B	Certificada B
	Puñete Blanca	Certificada B	Certificada B
	Real Negra	Certificada B	Certificada B

Ingresos. Por la venta de las 9,258 kg de semilla certifica de quinua de calidad se espera que los agricultores de las ECAs, logren ingresos económicos de aproximadamente Bs. 462,900 ($us 66,509), con un costo promedio de 50 Bs/kilo de semilla.

Proyección de siembra. De los 9,258 kg de semilla de quinua certificada vendida, se espera que los agricultores usuarios de semilla logren establecer aproximadamente 1,157 hectáreas con semilla de quinua de calidad.

Promoción y comercialización de semillas

En cada una de las ECAs o agrupaciones semilleristas, se realizó un análisis de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas (FODA)., Entre las fortalezas sobresale la experiencia en el manejo del cultivo, entre las oportunidades la presencia los proyectos o instituciones de desarrollo que apoyan con diferentes proyectos agropecuarios, entre las debilidades destaca el poco conocimiento del mercado y la comercialización y entre las amenazas los factores climáticos adversos (heladas, inundaciones, sequias).

Fortalecimiento de los comités de producción y comercialización. A través de la metodología ECAs, se desarrollaron procesos de capacitación a líderes de las organizaciones semilleristas, que conforman los comités de producción y comercialización, en temas referidos a las normas para la producción de semilla certificada de quinua, planes de producción y control interno de calidad.

En el área de Gestión Empresarial se intensificó la capacitación en el plan de mercadeo, organización empresarial, temas legales (obtención de personería jurídica), manejo de registros, liderazgo empresarial, estrategias de comercialización, información de impuestos y créditos, que contribuyen a la sostenibilidad de las organizaciones semilleras, con autogestión para poder desarrollar las actividades planificadas en cada gestión.

Para visibilizar las potencialidades de las agrupaciones semilleras, se trabajó en forma participativa en la elaboración de estatutos y reglamentos, visión y misión, elaboración del organigrama con visión empresarial, manual de funciones, todo este proceso derivo a iniciar los trámites para obtener sus personerías jurídicas. Dentro de la estrategia de gestión empresarial, se proporcionaron varios elementos que están siendo aplicados por las organizaciones semilleras: el plan de negocios, plan de mercadeo, manejo de registros, y las estrategias promocionales.

El tema promocional fue abordado con mayor énfasis, principalmente porque la mayoría de las agrupaciones semilleristas son nuevas en el proceso de producción y comercialización de semilla certificada de quinua, por ello para posicionarlas en el mercado y sean competitivas, se elaboró un set promocional consistente en tarjetas de presentación, trípticos con información de contactos y cantidades de semilla ofertada, bipticos con información del manejo del cultivo, pancartas y banners para la asistencia a ferias.

Las agrupaciones semilleristas participaron en ferias, ruedas de negocios, reuniones con posibles compradores, eventos promocionales (lanzamiento del año de la quinua, ruta de la quinua, etc.), donde ofertaron semilla certificada a productores, instituciones públicas, privadas y otros. Estos eventos se aprovecharon para que las organizaciones se visibilicen y promocionen como potenciales proveedores de semilla certificada de quinua de alta calidad con perspectivas de mantenerse en la actividad en forma sostenible.

En la campaña agrícola 2011-2012 las agrupaciones de Oruro y Potosí comercializaron 1,500 kg de semilla certificada de quinua, logrando un ingreso total de 58,000.

Estas ventas motivaron a los productores a continuar con el negocio de semilla de quinua certificada, por ello que para esta gestión incrementaron la superficie de cultivo en más del 60%.

Conclusiones

- A partir de la metodología ECAs, se lograron establecer 8 agrupaciones semilleristas que están en proceso de constituirse en asociaciones semilleristas legalmente establecidas, con planes de producción y planes de negocio establecidos.
- Como resultado de la capacitación a través de la metodología ECAs, los agricultores han mejorado sus conocimientos en el proceso productivo del cultivo y les ha permitido entender conceptos nuevos y relativamente complejos, como el concepto de: semilla certificada de calidad, manejo integrado de plagas y en-

fermedades, el ciclo biológico de las principales plagas y enfermedades, costos de producción etc. cuyos conceptos han sido asimilados a través de actividades prácticas de campo, el cual es un principio fundamental de las ECAs "aprender por descubrimiento"

- La metodologías ECAs permitió fortalecer las capacidades organizativas de las agrupaciones semilleristas, que cuentan ahora con un directorio y se reúnen periódicamente. Los productores son parte de una organización formalizada y reconocida por las instancias oficiales y legales.
- La capacitación en gestión empresarial permite contar con un plan de negocios el cual comprende el plan organizacional, el plan de mercadeo y el plan financiero logrando un manejo económicamente eficiente y sostenible de las pequeñas empresa de producción de semillas, asociadas a la generación de capacidades empresariales, administrativas y financieras.
- La obtención de sus personerías jurídicas permitirá a las agrupaciones ser sujetos de créditos y acceder a diferentes programas sociales y financieros ya sea del gobierno o de entidades privadas de promoción al desarrollo rural.
- Para seguir adelante, las agrupaciones semilleristas deben asociarse y lograr apoyo y reconocimiento de sus municipios y otras entidades relacionadas al rubro semillas, con el fin de asegurar la producción y mercado y convertirse en empresas que provean semilla de quinua de calidad a nivel de la zona Andina de Bolivia.
- La producción y comercialización de semilla certificada de quinua permitirá a los agricultores mejorar sus ingresos económicos gracias al aumento del rendimiento y la calidad de la producción de semilla, dispondrán de mayor y mejor calidad de semilla para su comercialización, lo que permitirá generar ingresos extras para adquirir productos de primera necesidad para satisfacer las necesidades alimenticias de sus familias.

Referencias citadas

FAO – INIAF, 2009. Proyecto "Mejora de la producción, acceso y uso de semilla de calidad en la zona Alto Andina de Bolivia que involucre a la Agricultura Familiar campesina" . La Paz – Bolivia.

Ricardo Orrego, Oscar Ortiz, Willy Pradel, Armando Arévalo, Christian Barrantes, Omar Macedo. 2009. Sistematización de la implementación de las Escuelas de Campo de Agricultores (ECAs) en Andahuaylas. Lima (Perú). CIP, CESAL, 42 p.

Pumisacho, M. y S. Sherwood (eds). 2005. Guía metodológica sobre Escuelas de Campo de Agricultores. CIP-INIAP-World Neighbors. Quito, Ecuador. 185 pp.

Semillas Andinas, 2011 – 2013. Informes técnicos mensuales. La Paz, Bolivia.

Mejora de la producción, uso y acceso de semilla quinua a nivel de la agricultura familiar campesina: Proyecto Semillas Andinas

Javier Aguilera; Fredy Ramos; José Mamani; Miguel Gonzales; Monica Gutierrez; José Marconi.

Proyecto Semillas Andinas, FAO – INIAF – MDRyT.

E-mail: javier.aguilera@fao.org

Resumen

Existe una falta de uso de semilla de quinua de calidad a nivel de la agricultura familiar campesina (AFC) en la región alto Andina de Bolivia, esto fundamentalmente debido a la baja cultura de uso de semilla certificada, y a la casi no existencia de este insumo en el mercado. El proyecto Semillas Andinas, ejecutado entre la FAO y el MDRyT, a través del INIAF, promueve la mejora en la producción, uso y acceso de semilla de calidad en esta región, en base a una estrategia multisectorial y multidisciplinaria. A través de la metodología ECAs, y a un diagnóstico rápido, se identificaron a 8 comunidades productoras de quinua en La Paz, Oruro y Potosí, a quienes se los viene fortaleciendo en temas organizacionales, productivos y comerciales para que sean sostenibles en el tiempo y con capacidad de autogestión. Se elaboró participativamente un plan de trabajo, de producción y de negocios, y se elaboró la curricula de capacitación. Con fines de acceso a información a los productores, se promovieron encuentros con instituciones de apoyo tales como Pro Bolivia y Promueve Bolivia, Banco de Desarrollo Productivo (BDP), Banco Unión y PRODEM. Se está desarrollando una estrategia de promoción de uso de semilla certificada, basada en una estrategia comunicacional, implementación de parcelas demostrativas y la asistencia de diversos eventos (ferias, días de campo, ruedas de negocio, etc.). En la campaña agrícola 2011-2012 se sembraron 11,4 hectáreas semilleristas logrando una producción total de 1,4 toneladas. Se comercializaron 19 quintales a un precio 95% mayor que el de la semilla convencional. En la campaña 2012-2013, se establecieron 29,3 hectáreas y se perdieron 8.7 por factores climáticos adversos. Se produjo 11,572 kg, con un 20% de descarte poscosecha, obteniéndose 9,258 kg de semilla certificada, mismos que servirían para establecer aproximadamente 1,157 hectáreas con semilla de calidad.

Palabras claves: Fortalecimiento; quinua; producción; negocios; semilla.

Introducción

En la zona alto Andina de Bolivia predomina el cultivo de tubérculos y granos como ser papa, quinua y haba, cultivos de alto consumo y valor nutritivo en el país, siendo estos producidos mayormente por pequeños productores (agricultores familiares) del Altiplano, que utilizan semilla de baja calidad. Este hecho se debe a la falta de una cultura de uso, costo elevado y baja disponibilidad de semilla de buena calidad (certificada), lo que implica una baja producción y rendimiento (0,4 a 0,5 t/ha) afectando la seguridad alimentaria de las familias productoras. Ante esta situación, el Proyecto Semillas Andinas pretende incidir en el incremento sostenible y eficiente de la producción y uso de semilla de calidad de cultivos de papa, haba y quinua en la agricultura familiar campesina (AFC) de la zona alto Andina, lo que se reflejaría en un mayor ingreso económico familiar, en el acceso a otros bienes básicos alimentarios y la disponibilidad de alimentos en cantidad, calidad y oportunidad, lo que conllevaría a contribuir en mejorar la seguridad alimentaria y nutricional de la región.

El proyecto Semillas Andinas, implementado en los países de Bolivia, Perú y Ecuador gracias al financiamiento de la Cooperación Española AECID, es ejecutado en Bolivia entre la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), y el Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras (MDRyT) a través del Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF). Su objetivo principal es "Coadyuvar en la Seguridad Alimentaria de la región alto Andina de Bolivia, mediante la mejora de la producción, acceso y uso de semilla certificada de papa, haba y quinua, a través del fortalecimiento de capacidades locales e institucionales". Asimismo, pretende fortalecer el sistema de producción y abastecimiento de semillas de la región, mediante modificaciones en las políticas de apoyo al sector semillero, el fortalecimiento de las organizaciones productivas y de los vínculos entre diversos componentes de esta cadena, y el desarrollo de un sistema de gestión comunitario que permita el abastecimiento de semilla para sobrellevar los efectos de los cambios climáticos o desastres naturales.

Para la presente presentación, se hará mención únicamente a los avances logrados en cultivo de la quinua.

Materiales y métodos

El proyecto en Bolivia se inició en la campaña agrícola 2011-2012 y culmina en la gestión 2013-2014. Trabaja en el desarrollo de una estrategia multidisciplinaria y multisectorial que permita promocionar el uso y acceso a la semilla certificada en la región alto Andina de Bolivia, a través de la promoción de su importancia y la generación de cambios de actitud sobre el uso de una buena semilla. El proyecto presenta un enfoque altamente participativo, considera género, el saber local y promueve el respeto a las culturas locales.

Ubicación y beneficiarios

El proyecto se desarrolla en la región alto Andina de Bolivia por encima de los 3,200 msnm En el cultivo de quinua, se opera en las comunidades de Jalsuri, Callisaya y Chuquiñuma (Municipio de Viacha) en La Paz, en las comunidades de Santa Maria (Municipio el Choro) y Chaupingenio (Municipio Machacamarca) en Oruro y las comunidades de Opoco y Tomave (Municipio de Tomave) y Uyuni-K (Municipio de Llica) en Potosí, contando en la actualidad con un total de 8 comunidades y fortaleciendo directamente a 128 beneficiarios (63% hombres y 37% mujeres).

La identificación de las comunidades beneficiarias se basó en la elaboración de una matriz con indicadores técnicos, sociales, geográficos y climatológicos, que reflejan las condiciones y características mínimas que deban reunir las comunidades, así como el interés de los agricultores de constituirse en asociaciones semilleristas. Asimismo, se consideraron agrupaciones o asociaciones productoras de semilla no formal interesadas en convertirse en productoras de semilla formal.

Diagnóstico de la zona intervención

Al inicio del proyecto, con la finalidad de ajustar la estrategia de intervención y definir la curricula de capacitación, se realizó un diagnóstico general de la zona de intervención, a través de un estudio de línea de base y talleres comunales de análisis FODA. La finalidad principal fue identificar las limitantes organizativas, productivas y económicas, asimismo identificar las potenciales de la zona.

Fortalecimiento de capacidades locales e institucionales

En base a los resultados del diagnóstico, el planteamiento estratégico se basó en el fortalecimiento de las capacidades locales e institucionales y el apoyo en el desarrollo de políticas y normas adaptadas a estos sistemas de producción, que fomenten la producción y el uso de semillas de calidad; la capacitación en temas metodológicos, productivos y comerciales y la coordinación de acciones conjuntas con instituciones socias que trabajan en las áreas geográficas y en los cultivos de intervención del proyecto, para promover actividades que fomenten el uso de semilla de calidad.

El proyecto enfatiza la Asistencia Técnica Semillera, utilizando metodologías participativas de capacitación y transferencia de tecnologías en todo el proceso de conformación, y fortalecimiento de las agrupaciones semilleristas; asimismo promueve la participación activa de las mujeres, que son fundamentales en la toma decisiones productivas y comerciales y en desarrollo de tareas agrícolas a lo largo de la campaña agrícola.

Metodología de capacitación

La base del fortalecimiento de los productores está en la implementación de la metodología de las Escuelas de Campo de Agricultores (ECAs), cuya fortaleza es desarrollar

un proceso de aprendizaje grupal participativo, el aprender por descubrimiento, donde agricultores y facilitadores intercambian conocimientos basados en experiencias desarrolladas en el campo. En base los resultados del diagnóstico y a la metodología ECAs, el proyecto desarrolla tres áreas de acción: la primera está relacionada con los procesos organizativos; la segunda al fortalecimiento de conocimientos y capacidades técnicas en los diversos procesos productivos y la tercera al desarrollo y fortalecimiento de las capacidades en Gestión Empresarial, para otorgar a los productores las habilidades necesarias para elaborar e implementar planes de negocio y mercadeo para ingresar y buscar posesionarse en el mercado de semillas. A esto se complementa la transmisión o difusión de información técnica, social, económica y política, que normalmente no llega a los productores de ésta región, y que es muy importante para sortear adversidades y para su desarrollo en general.

Sesiones de capacitación

Se elaboró una curricula de capacitación que fue presentada a cada agrupación para su análisis y aprobación, misma que consistió de 12 temas, 8 referidas al manejo del cultivo y 4 a la Gestión Empresarial. Los intervalos de capacitación fueron en base al desarrollo del cultivo y a las necesidades o prioridades emergentes. La capacitación fue reforzada con el desarrollo de días de campo, eventos de intercambio de experiencias con productores de otras regiones, visitas a ferias agrícolas comunales, provinciales y departamentales y participación en rondas de negocios.

Establecimiento de las parcela de capacitación y de producción de semilla

A nivel de cada comunidad, y en forma participativa, se definieron y establecieron parcelas donde se realizaría la capacitación práctica, asimismo se definió la superficie total de producción de semilla de quinua. El establecimiento de las parcelas fue conforme al sistema tradicional de cultivo de las comunidades, con algunas recomendaciones técnicas.

En todos los casos, se trabajaron con variedades de quinua presentes en el Registro Nacional de Variedades, conocidas por los beneficiarios y que tengan potencial de mercado. Para el departamento de La Paz, se utilizaron las variedades Jacha grano y Kurmi, para Oruro las variedades Real Toledo Rojo, Real Pandela Rosada y Real Blanca y para Potosí las variedades Real Pizancalla, Real Puñete Blanca, Real Negra y Real Pandela Rosada. En todos los casos, y por una sola campaña agrícola, el proyecto apoyó con la adquisición de semilla certificada, misma que fue en calidad de capital de inicio que cada agrupación debe capitalizarla.

Todas las parcelas de producción de semilla fueron establecidas de acuerdo a las normativas y regulaciones de producción de semilla de quinua, y fueron inscritas de acuerdo a los requisitos solicitados por el ente nacional competente que es el INIAF.

Producción y comercialización de la semilla

Para incrementar las posibilidades de éxito en la producción y comercialización de la semilla, en base a las particularidades de cada comunidad, se establecieron "planes de producción" y "planes de negocio". Ambos planes permitirían a cada agrupación tener una planificación estratégica a corto, mediano y largo plazo que los encaminaría hacia una producción sostenible. Asimismo, en cada agrupación se constituyeron comités para la producción y comercialización, conformados por 2 o 3 personas, comprometidos, responsables y con disposición de tiempo para realizar las actividades relacionadas a su cargo.

El comité de producción tendría bajo su responsabilidad el elaborar y proponer los "Planes de Producción", es decir organizar el sistema productivo para hacerlo más eficiente, que responda a la demanda del mercado, aportar información productiva al plan de negocios y conocer la posibilidad técnica, humana y financiera de la producción en función a la demanda del mercado. Asimismo, estaría encargado de realizar el "Control interno de Calidad", realizando al menos 3 inspecciones del cultivo: en la siembra, en floración y almacén.

El comité de comercialización, se encargaría de promocionar y realizar contactos con los potenciales compradores (agricultores de comunidades vecinas, Municipios e instituciones públicas y privadas), buscar mercados potenciales, conocer la competencia, fijar precios y encargarse la distribución y venta de la semilla.

Resultados y discusión

Fortalecimiento organizacional

Se han logrado conformar 8 agrupaciones semilleristas de quinua entre La Paz, Oruro y Potosí, que tienen una estructura organizativa, es decir su Directiva, con personas elegidas por la misma agrupación. Han recibido capacitaciones sobre las ventajas de constituirse en una agrupación o asociación semillerista. Cuentan con comités internos que operativizan actividades del proceso productivo y comercial. Tres de las 8 agrupaciones ya cuentan con personería jurídica y se está apoyando en la gestión de las 5 restantes, para quienes se trabajó en forma participativa en la elaboración de estatutos y reglamentos, visión y misión, la elaboración del organigrama con visión empresarial, manual de funciones. Los productores entendieron que el estar organizados les permite obtener mejores ventajas para seguir capacitándose y fortaleciéndose, para obtener beneficios legales como la personería jurídica, mayores beneficios sociales y económicos como el acceso a crédito agrícola por ejemplo.

Fortalecimiento técnico-productivo

Los beneficiarios se han capacitado y conocen sobre las normativas y regulaciones para producir semilla certificada de quinua. Han adquirido conocimientos complementarios

sobre el manejo del cultivo desde la preparación del terreno, el ciclo y control de las principales plagas y enfermedades, la cosecha y manejo poscosecha del cultivo. Mediante la curricula de capacitación, se ha logrado complementar el saber local de los productores, con innovaciones tecnológicas que se adaptan a las condiciones sociales, económicas y geográficas de la región.

La escasa existencia de semilla de quinua de categorías altas, especialmente en los ecotipos de quinua real, motivó al proyecto y a los productores a plantear la posibilidad de conformar en cada departamento, al menos una agrupación mantenedora de categorías altas de semilla, para esto, y en coordinación con la Dirección Nacional de Semillas del INIAF, se identificaron agrupaciones semilleristas que cumplan con los requisitos y tengan vocación para otorgar este servicio. Se identificaron y conformaron XX agrupaciones mantenedores, en base a su experiencia en producción del cultivo, destacamiento y con buen potencial productivo. Estas agrupaciones fueron fortalecidas en el proceso normativo y productivo y fueron sujetas a evaluación por parte del INIAF. Si bien estas agrupaciones no pueden ser acreditadas para el servicio, pueden cumplir este rol en base a su buen manejo del cultivo y la coordinación con el ente estatal normador.

Fortalecimiento en gestión empresarial

A través de sesiones de capacitación, las agrupaciones semilleristas fueron fortalecidas en un tema nuevo y complejo como es la gestión empresarial. Este tema les ha dado los elementos necesarios para implementar un plan de mercadeo, organización empresarial, estrategias de promoción y comercialización, información de impuestos y créditos y de negocios. Asimismo, se les proporcionó varios elementos parte de la estrategia como es el plan de negocios, manejo de registros, y las estrategias promocionales.

Debido a que la mayoría de las agrupaciones semilleristas son relativamente nuevas en la producción y comercialización de semilla certificada de quinua, en las sesiones de capacitación y talleres, se puso bastante énfasis en el aspecto promocional para que se posicionen en el mercado y sean competitivas. Para ello se elaboró para cada grupo un set promocional consistente en tarjetas de presentación, trípticos con información de contactos y cantidades de semilla ofertada, bípticos con información del manejo del cultivo, pancartas y banners para la asistencia a ferias.

Como parte de la estrategia promocional y del plan de mercadeo, las agrupaciones semilleristas participaron en diversas ferias, ruedas de negocios, reuniones con posibles compradores, eventos promocionales (lanzamiento del año de la quinua, ruta de la quinua, etc.), donde pudieron visibilizarse y ofertar semilla certificada.

Acceso a información

La gran mayoría de los productores de la región alto Andina de Bolivia no poseen o tienen fácil acceso a información técnica, social, comercial, políticas, etc. que son relevan-

tes para ser más competitivos y lograr ventajas comparativas. En ese sentido, el proyecto organizó talleres de encuentro entre las agrupaciones semilleristas e instituciones públicas y privadas, para que exista un intercambio fluido de información. Un primer acercamiento fue con las instituciones públicas Pro Bolivia y Promueve Bolivia, que les explicaron las ventajas comparativas comerciales de formar parte de ellas. Asimismo, instituciones como el Banco de Desarrollo Productivo (BDP), Banco Unión y PRODEM, les explicaron el tipo y condiciones de apoyo financiero que brindan al sector productivo, los requisitos y sus líneas de crédito que ofrecen. Al respecto, luego de varias reuniones con el BDP, estos se comprometieron a viabilizar una línea de crédito específica para la región Andina para el rubro semillas. También se les proporcionó información sobre la modalidad de funcionamiento del seguro agrario, ofrecido a partir del Instituto Nacional de Seguro Agrario (INSA).

Promoción del uso de semilla de calidad

Para promover el uso de semilla de calidad en la región alto Andina, se ha diseñado una estrategia piloto que consiste de lo siguiente:

Estrategia comunicacional, que permitió la elaboración de material divulgativo (boletines, calendarios, trípticos, etc.) que fue distribuido a diverso público meta, la elaboración de notas de prensa que salieron en medios escritos de circulación nacional (La Razón, Cambio, etc.), emisoras radiales (Erbol, etc.) y entrevistas en canales televisivos (Canal 4).

Establecimiento de parcelas demostrativas de producción o uso de semilla certificada, en alianza con instituciones de desarrollo que trabajan en nuestras zonas de intervención

Promover o asistir a ferias locales, departamentales o nacionales, implementar días de campo con amplia participación del sector público y privado y visitas de intercambio de experiencias con otros agricultores.

Promoción de Resoluciones u Ordenanzas municipales, que enuncien que cualquier iniciativa agrícola, ya sea del sector público o privado, utilicen semilla certificada.

Avances

En la campaña agrícola 2011-2012 se lograron sembrar en La Paz, Oruro y Potosí un total de 11,4 hectáreas de quinua, obteniéndose una producción total de 1,4 toneladas. El rendimiento promedio fue de 0,3 toneladas por hectárea (t/ha), inferior al nacional que es de 0,6 toneladas por hectárea, debido fundamentalmente al efecto de las condiciones climatológicas adversas como el exceso de lluvia durante el desarrollo del cultivo. En base a los planes de negocio establecidos, toda la semilla certificada destinada para la venta, 19 quintales, fue comercializada por los productores a un precio promedio de 95% mayor que el precio promedio de la semilla convencional.

En la presente campaña agrícola 2012-2013, se establecieron un total de 29,3 hectáreas (7,0 en La Paz, 10,0 en Oruro y 12,3 en Potosí). Para la siembra de estas parcelas se utilizaron dos variedades mejoradas de quinua (Jacha Grano y Kurmi) con categorías Básica 2 y Certificada B respectivamente, y seis ecotipos de quina real (Pizancalla, Puñete Blanca, Real Negra, Pandela Rosada, Toledo Rojo, Real Blanca) en categorías que van de Registrada a Certificada B. Debido a factores climáticos adversos; sequias durante la siembra, exceso de precipitaciones durante el desarrollo del cultivo y heladas durante la floración, se perdió un total de 8.7 has.

De las 20,41 has establecidas, se obtuvo una producción total de 11,572 kg, con un rendimiento promedio de 567 kg/ha. En el proceso de acondicionamiento se registró un descarte del 20%, obteniéndose un total de 9,258 kg de semilla certificada para la venta.

De acuerdo a un sondeo rápido de mercado, el precio promedio del kilo de semilla certificada de quinua esta alrededor de Bs. 50. Por la venta de las 9,258 kg, las agrupaciones lograrían obtener un ingreso total aproximado de Bs. 462,900 ($us 66,509). De los 9,258 kg de semilla de quinua vendida se espera que los agricultores usuarios logren establecer aproximadamente 1,157 hectáreas, considerando una densidad de siembra de 10 kg/ha.

Conclusiones

- Se conformaron 8 agrupaciones semilleristas de la agricultura familiar en quinua, 3 en Potosí, 2 en Oruro y 3 en La Paz, las cuales están en proceso de constituirse legalmente como pequeñas asociaciones o empresas semilleras, con planes de producción y negocio sostenible, que podrán abastecer de semilla de calidad de quinua a la región Andina del país.
- El proceso de capacitación ayudo a los participantes a mejorar el proceso productivo del cultivo, desarrollar la capacidad de resolver los problemas comunes del cultivo y evaluar las posibles alternativas de control y finalmente tomar una decisión, esto permitió obtener mayores ingresos económicos gracias al aumento en los rendimientos y la mejora en la calidad del producto, fortaleciendo las organizaciones de productores.
- Se ha logrado un cambio de actitud en los productores beneficiarios, quienes entienden que la producción de semilla certificada no es muy compleja como parece y que se la logra en base a predisposición y perseverancia.
- Aunque el tema de gestión empresarial es nuevo y complejo para los agricultores familiares de la región alto Andina, es de alta relevancia para constituirse en una asociación o pequeña empresa.
- Las asociaciones semilleristas deben asociarse o lograr el apoyo de sus municipios

y otras entidades colaboradoras con el fin de asegurar la producción y mercado de semillas y convertirse en empresas que provean semilla de quinua de calidad para su comercialización a nivel de la zona andina.

- La mejor y mayor producción y comercialización de semilla certificada de quinua por las agrupaciones semilleristas, permite a los productores mejorar sus ingresos económicos, lo que en consecuencia permite adquirir otros productos de primera necesidad para satisfacer las necesidades alimenticias de sus familias.

Mineralización del nitrógeno a partir del estiércol de Llama como fuente de abono orgánico

Roberto Miranda; Bersenia Salluco; Silvia Aliaga; Aylin Caballero; Edwin Yucra; Magali Garcia.

Proyecto QUINAGUA-ANDESCROP, Facultad de Agronomía, UMSA.

E-mail: robertomicasa@gmail.com

Resumen

El estiércol del ganado en el Altiplano boliviano, es una de las fuentes de abono orgánico más accesible para los productores locales, de hecho en este sistema de producción de bajos insumos, tanto la ganadería como la agricultura se encuentran complementadas. Por otro lado los suelos del Altiplano, en general, presentan limitaciones del contenido de nutrientes, por lo que es preciso optimizar el uso de las deyecciones sólidas del ganado. Una de las formas de acelerar el proceso de mineralización y estabilizar el estiércol es a través de la fermentación. El objetivo de este trabajo fue el de evaluar el proceso de fermentación de estiércol de llama, con y sin cobertura. El estiércol de llama provino de la comunidad de Santiago de Callapa, fue tamizado con una malla de 2 cm de diámetro y colocado en dos fosas con y sin cobertura de plástico. Fueron medidas la temperatura con un termómetro, humedad con el método gravimétrico y el nitrógeno mineral ($N\text{-}NH_4$, $N\text{-}NO_3$+NO_2) fue extraído con una solución de KCl y destilado para luego ser titulado con una solución de ácido sulfúrico. Los resultados muestran que la temperatura sobrepasa los 40 °C en los primeros 25 días, luego disminuye hasta los 30°C con fluctuaciones ligeras (en ambos casos). El tratamiento con cobertura mantuvo mayor humedad que el tratamiento sin cobertura. El nitrógeno como amonio disminuyó desde valores de 430 mg kg^{-1} de estiércol, hasta 9.3 mgkg^{-1} durante los 76 días de compostaje. Contrariamente el Nitrógeno mineral aumenta de 11 mg kg^{-1}de estiércol hasta valores aproximados de 40 a 50 mg kg^{-1} de estiércol durante los 57 días luego de la fermentación para ambas condiciones de manejo. La cobertura no incidió de manera marcada en la mineralización del nitrógeno.

Palabras claves: Fermentación del estiércol; compostaje; nutrientes; sanidad; nitrógeno.

Introducción

El estiércol del ganado, debido a su composición y características, son considerados los abonos orgánicos de mayor importancia en ecosistemas del Altiplano Boliviano, donde la agricultura es complementada con la ganadería. La calidad de este insumo como abono, depende de la especie de animal (ovino, camélido, porcino, etc.), de la edad del ganado y de las características de alimentación. El manejo adecuado del estiércol en los predios rurales presenta una serie de ventajas como el aumento de la productividad, mejoramiento de la fertilidad y calidad del suelo, así como la sostenibilidad de los ecosistemas y el medio ambiente. Sin embargo, es necesario tomar en cuenta que gran parte de las sustancias nutritivas de los fertilizantes orgánicos como el estiércol, se hace asimilable para las plantas sólo a medida que ocurre la mineralización (Yagodin, *et al*., 1986).

La fermentación de la materia orgánica de origen animal presente en el estiércol es realizada para reducir o inactivar los microorganismos patogénicos y la toxicidad de estos residuos, antes que sean aplicados al suelo. El estiércol fresco o no estabilizado puede calentarse, llegar a inhibir la germinación de las semillas y el crecimiento de las raíces, además de contaminar a quien lo manipula, el suelo y los vegetales (Sediyama *et al*., 2008). Por otro lado, el uso de un estiércol maduro puede tener un efecto estimulador en el crecimiento de las plantas en función de la presencia de nutrientes minerales microorganismos benéficos, sustancias húmicas y las características físicas de un abono orgánico estabilizado. Durante la fermentación el estiércol animal pasa por dos procesos distintos: la bio estabilización y la humificación del residuo. El primer proceso comprende entre el inicio y la maduración del compuesto y la transformación del estiércol fresco en semicurado. Este proceso es de suma importancia para la eliminación de diversos patógenos. El segundo proceso es denominado humificación, el mismo que comprende la transformación del estiércol semicurado en curado, siendo este importante por favorecer la bio disponibilización de nutrientes del residuo. (Manejo Biodinâmico do Solo, 2008).

Tomando en cuenta la heterogeneidad y diversidad de macro nutrientes y micronutrientes de los estiércoles del ganado llamar y de la disponibilidad de este insumo como una de las pocas fuentes de abono orgánico en condiciones del Altiplano Boliviano y la gran importancia de realizar estudios sobre la calidad de este insumo, los objetivos de este trabajo de investigación fueron: evaluar dos procesos de fermentación del estiércol sólido de llama, realizar la caracterización física y química así como determinar el comportamiento del nitrógeno mineral y finalmente identificar el tiempo de fermentación para la maduración en condiciones del Altiplano Central de Bolivia.

Materiales y métodos

El trabajo de investigación fue desarrollado en la Estación Experimental de Patacamaya, situado al Sudeste del departamento de La Paz, dentro de la provincia Aroma. Geográ-

ficamente se encuentra ubicado a 17°15'43,9" de Latitud Sur y 67°56'45,5" de Longitud Oeste, a una altitud aproximada de 3799 msnm (PDM de Patacamaya, 2007). El clima de la región se caracteriza por presentar dos épocas diferenciadas, la época húmeda que se inicia en octubre a marzo y la época seca que comprende los meses de abril a septiembre, sin embargo cabe señalar que este comportamiento está cambiando en los últimos años (García, Taboada, Yucra, 2006). La precipitación pluvial varía entre 350 a 450 mm anuales; mientras que las temperaturas pueden llegar, en la época seca, hasta -2 °C por la madrugada hasta los 23 °C por la tarde. La ocurrencia de heladas suele ser de 300 días durante el año, ocasionado pérdidas en la productividad de los cultivos. También se presentan granizadas entre los meses de octubre y marzo coincidiendo con el inicio y el final de la época de lluvias. Los suelos son heterogéneos y de origen fluvio lacustre (Huanca, 2008). El contenido de materia orgánica es menor a 1%, por tanto el nitrógeno total también toma valores por debajo del 0.1% (Cuadro 1). El horizonte superficial presenta una elevada proporción de arena, pese a ello es de textura Franco Arcillo arenosa y los horizonte subsuperficiales son de textura arcillosa.

El estiércol sólido de ganado camélido (llama), provino de un corral ubicado en la comunidad de Santiago de Callapa. Este insumo fue recolectado en fecha 28 de mayo del 2010, faltando un mes antes de iniciar el proceso de fermentación.

Cuadro 1.
Características físicas y químicas de un perfil del suelo de la Estación Experimental de Patacamaya (2008).

Ho	Prof.	Ar.	pH: agua	Al+H	Ca	Mg	K	Na	TBI	CIC	MO	Nt	P
	cm.	%	1:5	----------cmol (+) kg $^{-1}$----------							%		ppm
Ap	0 - 15	59	5.65	0.12	2.92	0.79	0.61	0.18	4.50	4.62	0.72	0.06	40.74
Bt	15 -48	32	6.34	0.12	10.08	3.10	0.89	0.50	14.57	14.69	0.83	0.10	7.87
C	> 48	22	7.29	0.10	17.65	4.47	1.60	1.28	25.00	25.00	0.60	0.07	6.76

El contenido de materia orgánica del estiércol de llama fue de 14.06%; Nitrógeno total de 0.84%; la relación C/N de 9.69; sodio de 1.53% y una conductividad eléctrica de 4.87 mS cm^{-1}. Para la fermentación del estiércol se construyeron dos fosas de 2.5 metros de largo por 2 metros de ancho y 1 metro de profundidad. En cada fosa se colocó aproximadamente 9200 kg de estiércol previamente tamizado en un diámetro de 2 cm para contar con un material uniforme. Asimismo una de las fosas fue cubierta con un plástico negro (fosa con cubierta) y la otra fue descubierta (fosa sin cubierta). Luego de 15 días de iniciado el trabajo de investigación se procedió a la remoción del estiércol para mantener condiciones de buena aireación, posteriormente este volteo fue realizado con una frecuencia de tres semanas. El humedecimiento fue realizado con una mezcla de agua y chancaca en una relación de 40:1 (40 litros de agua por cada litro de chancaca diluida). En cada fosa fue colocada dos tubos de PVC de 2 pulgadas de diámetro para la salida de los gases propios de una descomposición orgánica.

La temperatura fue medida durante veinte fechas, en los primeros seis días y posteriormente cada semana, a 35 cm de profundidad y tres repeticiones, en horas de la mañana y tarde (10:00 y 16:00 horas) con un termómetro manual. La humedad fue determinada a través del método gravimétrico en las mismas fechas que la temperatura. Durante la investigación se realizaron nueve muestreos a 20, 35 y 50 cm de profundidad y sacándose un promedio, para la determinación del nitrógeno mineral (1, 8, 13, 25, 41, 57, y 76 días) según el método propuesto por Tedesco, *et al* (1995). Para la determinación del nitrógeno mineral, se utilizó 1 g de suelo homogenizado en 50 ml de KCl 1M y posterior agitación durante 30 min a 180 rpm en el agitador mecánico horizontal. Después de la agitación, el sobrenadante fue trasladado a frascos de plástico y almacenados para la determinación al día siguiente. De esta solución se retiraron 20ml y se colocó 0.2 gramos de MgO para determinar el Nitrógeno amoniacal (N-NH_4) en el destilador Kjeldhal, esta solución fue recibida en un matraz de 5ml con ácido bórico, posteriormente al mismo tubo se adicionó 0.2 g de liga de Devarda, para realizar una nueva destilación, en este caso para determinar el N- nítrico (NO_2+NO_3), la solución fue recolectada en un tubo con 5ml de Ácido Bórico (Tedesco, *et al*., 1995). Los matraces con las soluciones fueron titulados con H_2SO_4 0.005M. El nitrógeno mineralizado fue calculado en cada fecha de evaluación a través de la siguiente expresión:

$$N = \frac{(A-B)x14x1000}{S}$$

Donde: N: nitrógeno mineralizado en mg N kg^{-1} de estiércol; A: Gasto de H_2SO_4 para titular la muestra; B: Gasto de H_2SO_4 para titular la prueba en blanco; N: Normalidad de H_2SO_4; 14: meq del Nitrógeno; S: Peso de la muestra (g).

Resultados y discusión

En general el contenido de materia orgánica del estiércol presenta valores de 14 a 28% en condiciones del Altiplano Central y Sur (Salinas), mientras que en condiciones de valle como es el caso de Cochabamba, la materia orgánica alcanza valores hasta de 82%, ello definitivamente se debe a las condiciones ambientales que influyen en la alimentación del ganado (Cuadro 2). El estiércol proveniente de la comunidad de Callapa y que fue utilizada en la fermentación, contenía 0.84% de nitrógeno total, valores relativamente menores al del ganado ovino, los mismos presentan valores que llegan hasta 1.5% (FAUTAPO, 2008). Por otro lado, el sodio, un elemento que incide en la salinidad y sodicidad del material, presenta un valor de 1.53%, así como una conductividad eléctrica por encima de los 4 mS cm^{-1}. Estas condiciones de salinidad podrían afectar el proceso de fermentación, inhibiendo o limitando el desarrollo de algunos microorganismos que participan en la nitrificación.

Cuadro 2.
Características químicas del estiércol utilizado en el proceso de fermentación y datos de la composición química de este tipo de enmienda según otros autores.

Parámetro	MO	C.O.	Nt	P_2O_5	K_20	Ca^{+2}	Mg^{+2}	Na^{+1}	C/N	CE
Estiércol de llama	----------%----------									mS cm $^{-1}$
* Callapa.	14.0	8.14	0.84	0.2	0.69	0.77	0.12	1.53	9.7	4.87
* *Patacamaya	28.9	16.84	1.08	0.36	1.28	1.0	0.3	-	15.6	-
* *Tomavi - Salinas	15.2	8.837	1.12	0.22	0.65	1.0	0.9	-	7.9	-
* *Callohalca - Salinas	23.5	13.69	0.93	0.18	0.49	1.0	0.9	-	14.7	-
* *San Martin - Salinas	22.8	13.25	1.28	0.24	1.75	1.0	0.6	-	10.4	-
* *Cochabamba	82.3	47.84	1.7	0.9	1.2	0.9	0.3	-	28.1	-

*comunidad de la que procedió el estiércol de llama para el presente trabajo.
**datos recopilados por FAUTAPO (2008).
Donde: MO: Materia orgánica; CO: Carbono orgánico; Nt: nitrógeno total; P_2O_5: Fósforo asimilable; K_2O: potasio; Ca: Calcio; Mg: Magnesio; Na: sodio; C/N: relación carbono nitrógeno; CE: Conductividad eléctrica.

El comportamiento de la temperatura durante el proceso de fermentación (Figura 1), registrada en horas de la mañana y tarde, muestran valores relativamente mayores durante la tarde que en la mañana debido a las condiciones climáticas de la región. Asimismo, se registraron mayores temperaturas en la fosa cubierta en relación a la fosa sin cubierta, por el efecto del plástico negro que fue utilizado. En general las mayores temperaturas se registraron hasta los días 21 y 28 días (30 a 45ºC), coincidiendo con la descomposición del estiércol y correspondiendo a la fase termófila. A partir del día 28, la temperatura disminuye hasta valores de 20 a 25ºC con ligeras variaciones, pudiendo decirse que corresponde a la segunda fase o de estabilización.

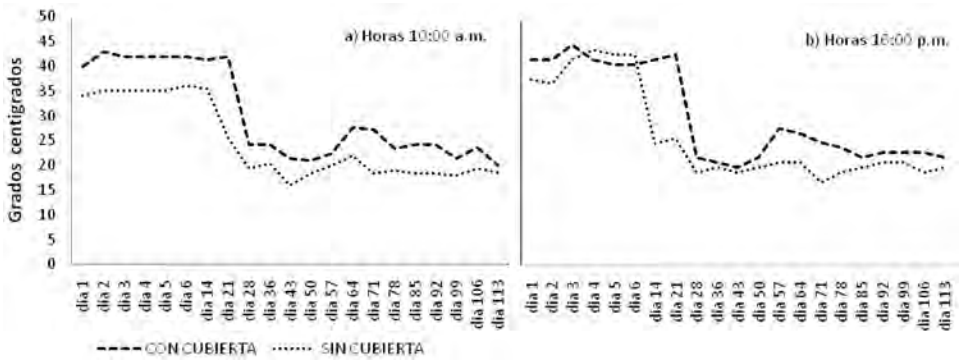


Figura 1.
Comportamiento de la temperatura durante el proceso de fermentación del estiércol: a) temperatura registrada en horas de la mañana y b) en horas de la tarde.

El comportamiento de la humedad durante el proceso de fermentación (Figura 2), muestra que la fosa con cubierta presenta mayor humedad en relación a la fosa que se encuentra sin cubierta, esta disminución se debe a los factores de evaporación princi-

palmente. Según Sediyama, *et al* (2008), cuando se cubre un compost de estiércol no se necesita realizar riego, sin embargo, el riego fue realizado a fin de mantener la humedad en valores de 30 a 40% de humedad. Autores como Kiehl (1985), mencionan que la humedad óptima para el compostaje de la materia orgánica es de 40 - 60%, contenidos de humedad menores a 40% reducirían la actividad microbiana, principalmente bacteriana y por debajo de 12% prácticamente cesaría toda actividad biológica.

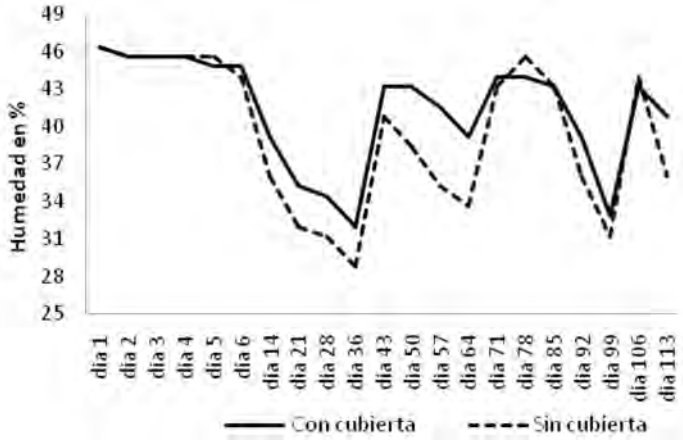


Figura 2.
Comportamiento de la humedad durante el proceso de fermentación del estiércol con y sin cubierta.

El nitrógeno mineral como Amonio y las suma de Nitratos + nitritos fue determinada en seis fechas durante el proceso de fermentación. El N como amonio alcanza valores de 717 mg de $N\text{-}NH_4$ kg de estiércol^{-1}, cuando se encuentra en el corral. Como puede apreciarse en el Cuadro 3 y Figura 2, el contenido de $N\text{-}NH_4$ disminuye cerca del 60% en la primera semana debido a la preparación de este insumo antes del inicio de la fermentación (tamizado y remoción del estiércol). El primer día, del inicio de fermentación, el contenido de $N\text{-}NH_4$ es de 432 a 437 mg kg de estiércol^{-1}, para las dos condiciones de manejo (sin cubierta y con cubierta) y disminuye para el día 25 hasta 67.7 y 60.7 mg kg $^{-1}$, esta disminución representa el 15 y 12 %. Luego de 76 días su contenido llega hasta valores de 9.3 a 8.2 mg kg^{-1} de estiércol.

Cuadro 3.
Comportamiento del Nitrógeno mineral del estiércol fermentado para seis fechas, bajo dos condiciones de manejo (fosa sin cubierta de plástico y con cubierta).

Día	Sin cubierta		Con cubierta	
	NH_4	NO_2+NO_3	NH_4	NO_2+NO_3
	----------mg kg^{-1}----------			
Estiercol	717.5 ± 3.5	25.7 ± 1.6		
1	432.7 ± 4.2	12.7 ± 1.9	437.7 ± 8.7	11.7 ± 1.6
8	154.0 ± 3.5	12.8 ± 1.6	156.0 ± 4.5	19.8 ± 1.6
13	135.3 ± 3.3	43.2 ± 1.6	134.0 ± 1.4	40.8 ± 1.6
25	67.7 ± 1.6	47.8 ± 1.6	60.7 ± 1.6	46.7 ± 4.4
41	52.3 ± 4.7	54.8 ± 1.6	51.3 ± 4.4	57.2 ± 3.3
57	53.7 ± 1.6	40.3 ± 8.8	59.6 ± 2.9	65.3 ± 1.6
76	9.3 ± 1.7	11.2 ± 3.0	8.2 ± 1.6	17.5 ± 2.9

La dinámica del nitrógeno como nitritos y nitratos tiene un comportamiento inverso al amonio, aumentando de 12.7 (sin cubierta) y 11.7 (con cubierta) hasta 40 y 65 mg kg de estiércol respectivamente luego de 57 días de haberse realizado la fermentación. Por tanto, de acuerdo a este comportamiento, es posible señalar que este insumo puede ser utilizado, en el suelo luego de los 25 días de haberse procedido a su descomposición.

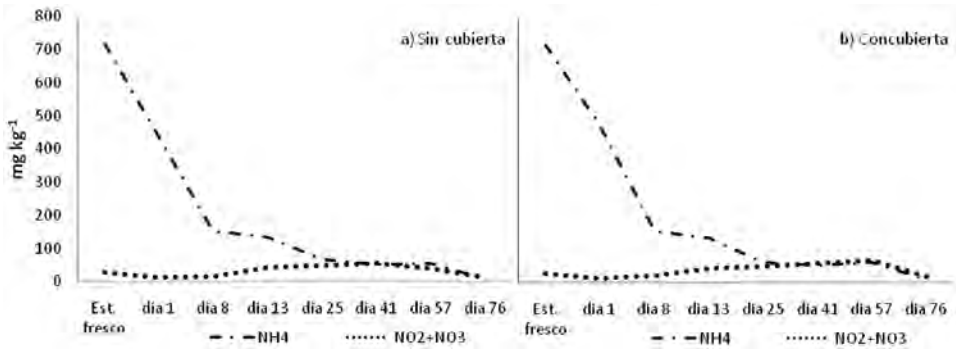


Figura 3.
Comportamiento del Nitrógeno como amonio y nitritos + Nitratos durante el proceso de fermentación a) Fosa sin cubierta de plástico y b) fosa con cubierta de plástico.

En la Figura 4 se observa que la fermentación se estabiliza en el día 57, aumentando la concentración de nitritos + nitratos en forma acumulada. No se pudo evidenciar diferencias entre las dos condiciones de manejo, siendo ligeramente mayor la concentración de nitratos en condiciones de sin cubierta, ello se debe a las condiciones de intercambio gaseoso con el ambiente exterior.

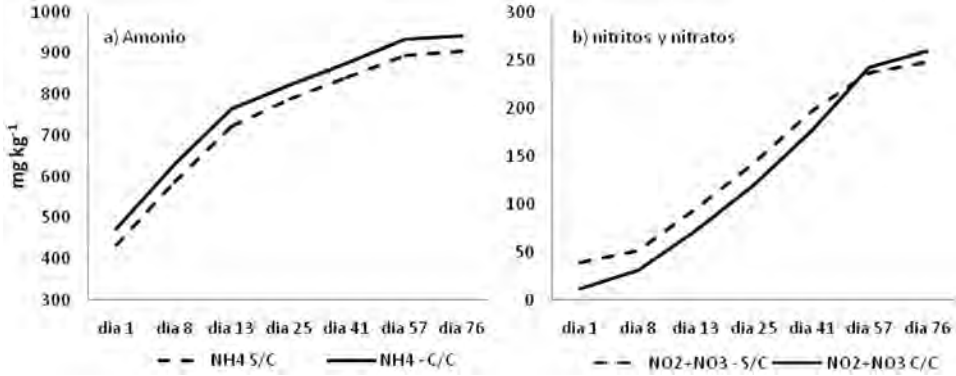


Figura 4.
Concentración acumulada de a) amonio b) nitritos + nitratos bajo dos condiciones de manejo con y sin cubierta.

Conclusiones

- El estiércol producido en el Altiplano y en particular en zonas salinas presentan elevada concentración de sales, la misma se refleja en valores elevados de la conductividad eléctrica, lo que incide en el pH de este insumo y posiblemente en el desarrollo de algunas bacterias.
- El estiércol tratado con chancaca y en condiciones del Altiplano central con una humedad promedio de 50 a 60%, alcanza su madurez entre los 50 a 60 días. Luego de este periodo, este insumo puede utilizarse como abono orgánico.
- No se evidencio diferencias significativas, en la acumulación de nitrógeno como nitritos y nitratos, entre las condiciones de manejo, con y sin cobertura.
- El estiércol fresco de los corrales contiene elevadas proporciones de nitrógeno como amonio, la misma disminuye con el tiempo, mientras que existe una acumulación de los nitratos y nitritos con el tiempo. Es posible que las condiciones de pH (encima de 7), influyan en el desarrollo de la microfauna y por tanto en una baja tasa de nitrificación.

Agradecimientos. Al proyecto QuinAgua de la Facultad de Agronomía en convenio con la Universidad Católica de Leuven de Bélgica, por el apoyo financiero a través de la otorgación de una beca de investigación.

Referencias citadas

FAUTAPO, 2008. Fertilidad, uso y manejo de suelos en la zona del intersalar, departamentos de Oruro y Potosí. Fundación AUTAPO; Universidad Técnica de Oruro; Prefectura de Oruro.

García, M; Taboada, c; Yucra, E. 2006. Evaluación de las tendencias del Balance Hídrico como indicador del cambio climático. Ministerio de Planificación del Desarrollo, Reino de los países Bajos. P. 42.

Huanca, R. 2008. Evaluación de diferentes niveles de abono orgánico y riego deficitario sobre el desarrollo y rendimiento de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en el Altiplano Central. Tesis de grado para optar el titulo de Ingeniero agrónomo. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía.

Manejo Biodinâmico do Solo. 2008. Universidade Federal de Santa Maria. Centro de ciências rurais. Curso de graduação tecnológica em Agricultura familiar e sustentabilidade.

PDM. 2007. Plan de Desarrollo Municipal-Gobierno Municipal de Patacamaya.

Sediyama, M. A. N.; Vidigal S. M.; Pedrosa, M. W.; Pinto, C. L.; Salgado, L. T. 2008. Fermentação de esterco de suínos para uso como adubo orgánico. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v.12, n.6, p.638–644.

Tedesco et al. 1995. Analise de solo, plantas e outros materiais. Porto Alegre. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Yagodin, B. A., A. Peterburgski, J. Asárov, V. Diomin, B.Pleshkov y N. Reshétnikova. 1986. Sistema de empleo de fertilizantes. Agroquímica II. Ed. Mir. Moscú. p. 173-363.

Rendimiento y acumulación de nitrógeno en la quinua *(Chenopodium quinoa* Willd.*)* producido con estiércol y riego suplementario

Yield and nitrogen accumulation in quinoa (Chenopodium quinoa Willd.*) produced with manure and supplemental irrigation*

Roberto Miranda; Maria Huanca; Pablo Mamani; Silvia Aliaga; Edwin Yucra; Magali Garcia.

Proyecto QUINAGUA, Facultad de Agronomía, UMSA.

E-mail: robertomicasa@gmail.com

Resumen

El rendimiento de un cultivo es una función de varios factores como el clima, manejo y adecuada oferta de nutrientes, entre ellos el Nitrógeno, que determina el contenido de proteína en el grano de quinua (***Chenopodium quinoa*** Willd). El objetivo del presente trabajo fue determinar el rendimiento de la quinua y la extracción de nitrógeno en el grano y la planta, sometido a diferentes niveles de abono orgánico. El estudio fue llevado a cabo en las comunidades de Irpani y Callapa del Altiplano Sur y Central de Bolivia, durante la gestión 2007-2008 y 2008-2009. Se realizaron dos experimentos: en Irpani, el diseño experimental utilizado fue el de bloques al azar con niveles de 0, 4, 8 y 12 ton ha^{-1} de estiércol y en condición de riego suplementario durante la floración y grano lechoso. En Callapa se utilizó un diseño de bloques al azar con dosis de 0, 15 y 30 ton ha^{-1}de estiércol aplicado. La quinua mostró adecuada respuesta a la dosis de estiércol y a la aplicación de agua, pese a ello, factores climáticos, como la ocurrencia de heladas determinan su productividad. El contenido de nitrógeno en el grano tuvo una alta correlación con el rendimiento de grano, tanto para el Altiplano Sur y Central.

Palabras claves: Nitrógeno total; ***Chenopodium quinoa*** Willd; rendimiento; abonamiento orgánico; riego suplementario; Bolivia.

Abstract

The crop yield is a function of several factors such as climate, management and adequate supply of nutrients, including nitrogen, which determines the protein content in the grain of quinoa (***Chenopodium quinoa*** Willd). The aim of this study was to determine the performance of quinoa and nitrogen removal in the grain and plant, under different levels of organic fertilizer. The study was conducted in the communities Callapa and Irpani located in South and Central Altiplano of Bolivia, respectively, during the periods

2007-2008 and 2008-2009. Two experiments were conducted: in Irpani, the experimental design was a randomized block with levels of 0, 4, 8 and 12 ton ha^{-1} of manure and supplementary irrigation conditions during flowering and milky grain. In Callapa, we used a randomized block design with doses of 0, 15 and 30 ton ha^{-1} of manure. Quinoa showed adequate response to the dose of manure and water application, nevertheless, climatic factors, such as frosts determined the productivity. The nitrogen content in the grain was highly correlated with grain yield for both the South and Central Altiplano.

Key words: Total Nitrogen; ***Chenopodium quinoa*** Willd; yield; organic fertilization, supplementary irrigation; Bolivia.

Introducción

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) es un grano originario de la zona del Altiplano de la Cordillera de los Andes. Actualmente tiene una amplia cobertura geográfica en el territorio boliviano y es cultivada en suelos próximos al Salar de Uyuni. Este cultivo es la principal fuente de alimento para los agricultores del lugar, y a la fecha representa un importante ingreso económico motivado a la demanda, por los mercados internacionales, debido al contenido de proteína que llega hasta 17% y aminoácidos en su composición (Galwey, 1992; Geerts *et al*., 2008).

El grano puede ser consumido como harina, jugos, biscochos y galletas y las hojas en ensaladas por su alto contenido de proteína (Calderón *et al*., 2010). Según la FAO (2010), este grano sería el único alimento vegetal que proporcionaría los diez aminoácidos esenciales *(leucina, arginina, isoleucina, lisina, metionina, fenilalanina, tirosina, triptófano, treonina, valina e histidina)*. Esto hace que su proteína sea equivalente a la de la leche (PROINPA, 2004).

Actualmente, para producir quinua los agricultores en el Altiplano Sur de Bolivia, aplican al suelo entre 2 a 4 ton ha^{-1} de estiércol en el momento de la siembra o al momento de roturar en el mes de febrero y marzo (7 meses antes de la siembra). De esta manera, la incorporación de este abono orgánico no coincide con las etapas de mayor demanda de nutrientes por parte del cultivo, lo que podría estar afectando el contenido de nitrógeno en los granos del cultivo y el rendimiento.

La calidad del estiércol de oveja y llama, utilizado en la producción de quinua, varia conforme la zona, alimentación y edad. Sin embargo, los contenidos de nitrógeno total, en el Altiplano Sur y Central, se encuentra entre 1.4 y 0.94% respectivamente (FAUTAPO, 2008). Por otro lado, los suelos de estas regiones también presentan bajos contenidos de materia orgánica y nitrógeno, llegando a valores de 0.8 y 0.04% (Orsag *et al*., 2011; Inda, 2010). De acuerdo a Huanca (2008) al aplicar estiércol fresco en proporciones de 0, 5 y 10 ton ha^{-1}, al momento de la siembra en el cultivo de la quinua, los rendimientos no fueron estadísticamente diferentes entre sí. Asimismo, Condori (2007) en condiciones del Altiplano Sur, en la comunidad de Mejillones, encontró rendimientos de quinua que no superaron los 210 kg ha^{-1} de grano, al aplicar estiércol de llama en proporciones de 2 y 4 ton ha^{-1}. Estudios realizados en el Altiplano Sur, mencionan que

la quinua necesita 283 kg ha^{-1} de nitrógeno para obtener un rendimiento de 2566 kg ha^{-1} de grano de quinua (FAUTAPO, 2008). Según Schulte *et al*., (2005) el rendimiento de la quinua llegaría hasta 3500 kg ha^{-1} cuando se aplican 120 kg ha^{-1} de nitrógeno. Murillo (2006) aplicó 80 kg ha^{-1} de nitrógeno en la siembra para obtener rendimientos por encima de los 1500 kg ha^{-1}, pero además señala que es necesario aplicar riego cuando las precipitaciones son bajas. En Chile, a nivel de mar, se aplicaron hasta 225 kg ha^{-1} de nitrógeno para obtener rendimientos de 3550 kg ha^{-1} (Geerts, 2008). Estos resultados, muestran que la quinua responde a niveles de nitrógeno por encima de los 80 kg ha^{-1}, por lo que el suelo debería tener la capacidad de proporcionar esta cantidad del nutriente, además de suministrar adecuada humedad. El objetivo del presente trabajo fue determinar el rendimiento de la quinua y la extracción de nitrógeno en el grano y la planta, sometido a diferentes niveles de abono orgánico.

Materiales y métodos

Dos experimentos fueron realizados en las comunidades de Irpani y Callapa durante la gestión 2007-2008 y 2008-2009, respectivamente. La comunidad de Irpani, se encuentra situada en el Altiplano Sur de Bolivia, entre las coordenadas 19º 38' de Latitud Sur y 67º 40' de Longitud Oeste y una altitud de 3672 msnm, mientras que la comunidad de Callapa se encuentra en el Municipio de Santiago de Callapa, Altiplano Central, entre las coordenadas 17º 10' de Latitud Sur y 68º 26' de Longitud Oeste, y a una altura de 3820 msnm. Las precipitaciones pluviales, en estas regiones, se limitan a los meses de noviembre, diciembre, enero y febrero, llegando a 250 mm en las comunidades del Sur y 400 mm anuales en el Altiplano Central. La evapotranspiración, aumenta hacia el sur de 3,4 a 5,8 mm dia^{-1}. Las temperaturas en estos ecosistemas varían en forma extrema, presentando la mayor variación térmica en los meses de mayo, junio, julio y agosto, registrándose valores que oscilan entre los 10 ºC bajo cero en las noches, hasta 15 ºC durante el día (García *et al*., 2006).

Los suelos donde se cultiva la quinua, son en general de textura arenosa, franco arenosa a areno francosa, correspondiendo a Xerorthents, según la clasificación del Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 2006). Las muestras de suelos fueron enviadas a los laboratorios del Instituto Boliviano de Tecnología Nuclear (IBTEN) en la ciudad de La Paz (Cuadro 1). La textura fue determinada por el método de Bouyucos, el fósforo (P) con el método de Olsen modificado, calcio, magnesio, potasio y sodio por extracción en acetato de amonio, capacidad de intercambio cationico (CIC) por sumatoria, materia orgánica (MO) por combustión húmeda y nitrógeno total con Kjeldahl.

Ambos suelos presentan textura gruesa, con valores de pH dentro del rango de neutralidad, bajos contenidos de MO y N total. El suelo de Irpani presenta una baja CIC con bajos contenidos de bases cambiables y alto contenido de P en la capa superficial; mientras que el suelo de Callapa presenta bajo contenido de P, moderada CIC y moderadas bases cambiables.

Cuadro 1.
Características físicas y químicas de los suelos.

Comunidad	Horizonte	Prof.	Arena	Arcilla	Limo	Clase textural	pH: Agua	Fósforo
		Cm	%				1:5	mg kg $^{-1}$
Irpani	Ap	0-20	90	5	6	Arenoso	7,51	21
	C1	20-38	82	7	11	Areno francoso	7,45	12
Callapa	Ap	0-20	60	17	23	Franco arenoso	6,75	15

Comunidad	Horizonte	Prof.	Calcio	Magnesio	Potasio	Sodio	ClC	MO	Nt
		cm	cmol (+) kg suelo $^{-1}$					%	
Irpani	Ap	0-20	2,20	0,66	0,28	0,37	3,52	0,78	0,03
	C1	20-38	2,22	1,40	0,32	0,38	4,32	0,50	0,03
Callapa	Ap	0-20	6,75	4,32	0,86	0,19	11,60	0,90	0,04

CIC: capacidad de intercambio catiónico; MO: materia orgánica; Nt: nitrógeno total.

El estiércol utilizado en estos ensayos provino de las mismas comunidades donde se realizó el trabajo de investigación. El estiércol de la comunidad de Irpani presentó mayor contenido de carbono, nitrógeno total, fósforo, calcio y magnesio en relación al estiércol de la comunidad de Callapa (Cuadro 2). Cabe destacar que el estiércol de Callapa presenta alta Conductividad Eléctrica.

Cuadro 2.
Características químicas del estiércol ovino en las comunidades de Irpani y Callapa.

Comunidad	COT	Nt	P_2O_5	K_20	Ca^{+2}	Mg^{+2}	Na^{+}	C/N	CE
	%							--	mS cm^{-1}
Irpani	15,85	1,17	1,14	0,55	2,3	0,44	0,11	13,5	
Callapa.	8,14	0,84	0,2	0,69	0,77	0,12	1,53	9,7	4,87

COT: carbono orgánico total; Nt: nitrógeno total; P_2O_5: fosforo disponible; Ca: calcio; Mg: magnesio; Na: sodio; C/N; relación carbono/nitrógeno; CE: conductividad eléctrica.

El primer experimento se realizó en la gestión 2007-2008 en la comunidad de Irpani, donde fueron aplicados estiércol de oveja en condiciones de riego suplementario y sin riego. El diseño utilizado fue de bloques al azar con dos factores y cuatro repeticiones. El abonado fue realizado al momento de la siembra de quinua, en fecha 23 de noviembre del 2007. El factor A, estuvo constituido por el manejo de riego (con y sin riego suplementario) y el factor B por diferentes niveles de abonamiento orgánico (0, 4, 8 y 12 ton ha^{-1} de estiércol de oveja). Cada unidad experimental tuvo una superficie de 41 m^2. La densidad de siembra fue de 0,5 metros entre plantas y 0,8 metros entre surcos, haciendo un total aproximado de 25000 plantas por hectárea. Se debe señalar que, en las comunidades del sur, la densidad de siembra es de 10000 plantas ha^{-1} y la dosis aplicada por los agricultores es de 2 a 9 ton ha^{-1}, dependiendo de la disponibilidad de

los productores. En este experimento la densidad de plantas fue aumentada, debido a la utilización de mayores dosis de estiércol y la condición de riego suplementario. Se realizó el riego suplementario en la etapa de floración y grano lechoso en una cantidad de 66 mm. La lámina utilizada, fue determinada por Geerts (2008). La variedad de quinua utilizada fue la denominada "Toledo", la cual es considerada de ciclo largo (180 días hasta alcanzar la madurez fisiológica).

El segundo experimento fue realizado en el Altiplano Central, en la comunidad de Callapa en la gestión agrícola 2008-2009. Se aplicaron tres niveles de estiércol como abono orgánico, al momento de la siembra en el mes de octubre. Los niveles de estiércol utilizados fueron de 0, 15 y 30 ton ha^{-1}. Las características del estiércol y suelo se encuentran en el cuadro 1 y 2. La siembra fue realizada el 31 de octubre del 2009 en surcos, la distancia entre plantas fue de 0,15 m y entre surcos de 0,25 m, el número de plantas por hectárea fue de 260000 plantas ha^{-1}, debido a que las dosis de utilizadas, de estiércol, fueron incrementadas. El diseño experimental utilizado fue de bloques al azar con tres repeticiones; las unidades experimentales poseían un tamaño de 148 m^2. Inicialmente estaba prevista la realización de un riego suplementario en la etapa de floración y grano lechoso, al igual que en la comunidad de Irpani; sin embargo, las lluvias en esta región fueron constantes a partir del mes de enero, por lo que no fue necesario realizar el riego suplementario.

El rendimiento de granos de quinua, en el sur, fue evaluado cosechando 7 plantas que se encontraban en 2 m^2 y 7 plantas de 1 m^2 en el centro. La materia seca fue determinada a partir de las mismas plantas utilizadas para la determinación del rendimiento. Las diferentes partes de la planta fueron separadas (granos, tallo y hojas), colocadas en sobres de papel y llevadas a una estufa a 65 °C por 48 horas, (solo para el experimento realizado en el altiplano central). Luego del secado, fue realizado un nuevo pesaje siendo los resultados expresados en kg ha^{-1}.

El nitrógeno total en los granos de quinua, en la comunidad de Irpani, fue determinado a través del método Kjendahl. Para la comunidad de Callapa, fueron tomadas muestras de grano, tallo, hoja y broza. La extracción de nitrógeno por el grano y la planta fue determinada multiplicando el rendimiento por el contenido de nitrógeno. La cantidad de nitrógeno en la planta, para el Altiplano Central, fue determinando sumando las cantidades de nitrógeno acumulado en los diferentes órganos de la planta (grano, hoja, tallo y broza). Los resultados fueron expresados en kg ha^{-1}.

Resultados y discusión

El rendimiento de la quinua, en la comunidad de Irpani – Altiplano sur- fue afectado por las condiciones climáticas además de la fertilidad del suelo. Se presentaron heladas desde finales del mes de marzo, las cuales produjeron daños considerables en el cultivo. La fecha de cosecha fue estimada para el 20 de mayo y debido a estas condiciones climáticas, la cosecha tuvo que ser realizada en fecha 25 de abril, incidiendo en los ren-

dimientos. Pese a los rendimientos bajos, se presentaron diferencias significativas para el factor riego y niveles de abono utilizado (Cuadro 3).

La máxima productividad de granos de quinua, fue obtenida con la aplicación de 12 ton ha^{-1} de estiércol a la que se aplicó riego suplementario, llegando a 298 kg ha^{-1} de grano. Estudios realizados por FAUTAPO (2008), señalan que para el año 1992 a 1998 los rendimientos en esta zona fueron de 450 a 560 kg ha^{-1}, los mismos van declinando. Asimismo, Condori (2007), trabajando con 2 ton ha^{-1} de estiércol en otras comunidades del Altiplano Sur, y riego suplementario encontró rendimientos de 203 a 210 kg ha^{-1}, mientras que Osco (2007), en el Altiplano Norte de Bolivia encontró rendimientos de 1500 kg ha^{-1} cuando aplicó 12 ton ha^{-1} de estiércol. Estos valores altos de productividad, se explican por la mayor humedad presente en los suelos y las condiciones de lluvia propias del Altiplano Norte (800 mm anuales). Con base en estos resultados, es posible señalar que pese a las condiciones climáticas adversas, la quinua respondió a niveles de abonamiento orgánico y aplicaciones de agua.

Cuadro 3.

Rendimiento, producción de materia seca y nitrógeno en el grano de la quinua con diferentes niveles de abonamiento orgánico, en condiciones de riego suplementario en la comunidad de Irpani – Altiplano Sur de Bolivia.

Irpani (2007/2008)	Rendimiento		Materia seca		N-grano	N-grano	
Riego	----------(kg ha^{-1}) ---------				----% ----	----kg ha^{-1} ----	
Sin Riego	149,45	b	902	a	1,65	2,46	b
Riego Suplementario	258,16	a	1022	a	1,64	4,23	a
Nivel de abono (ton ha^{-1})							
0	90,58	c	646	b	1,67	1,51	c
4	211,96	b	1082	a	1,65	3,49	b
8	213,76	b	1235	a	1,63	3,48	b
12	298,91	a	883	ab	1,63	4,87	a
CV	26,6		27,6		----	23,9	

En la Figura 1 se presenta el rendimiento relativo de los tratamientos en función del estiércol aplicado al suelo. Se observa que hubo un rendimiento similar entre aplicaciones de 12 ton ha^{-1} en la condiciones sin riego, respecto a la aplicación de 4 ton ha^{-1} de estiércol bajo la condición de riego suplementario; sin embargo, de acuerdo al análisis estadístico, no hubo interacción entre los niveles de abonamiento y el riego suplementario, por lo que deberá realizarse más investigación respecto a este tema.

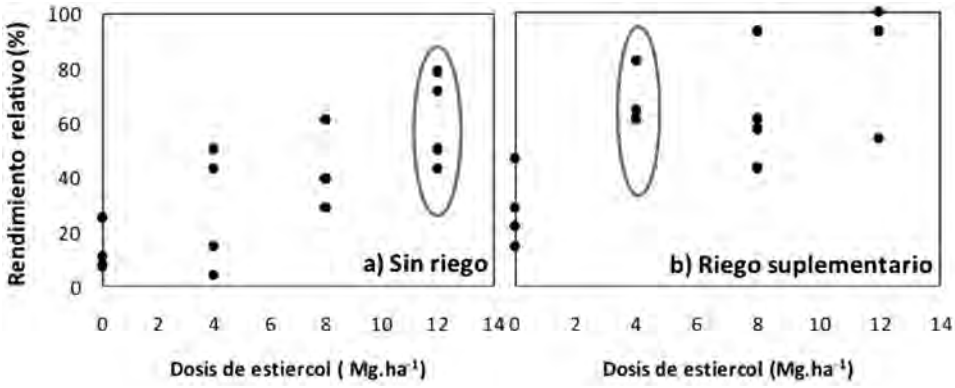


Figura 1:
Rendimiento relativo del cultivo de la quinua y los niveles de abonamiento orgánico aplicados al suelo en el momento de la siembra: a) sin riego y b) con riego suplementario.

Para la comunidad de Callapa (Altiplano Central), las condiciones de precipitación fueron constantes en el mes de febrero, siendo innecesario realizar el riego suplementario, asimismo las precipitaciones pluviales llegaron a 423 mm durante el ciclo del cultivo de la quinua. Hubo diferencias estadísticas para el factor niveles de abonamiento orgánico, siendo la dosis de 15 ton ha^{-1} la que presento 91% más rendimiento en relación al testigo (Cuadro 4). Asimismo, la producción de materia seca presentó diferencias significativas entre el testigo y las aplicaciones de estiércol por encima de 15 ton ha^{-1}. La investigación llevada a cabo en la comunidad de Callapa, mostró que la quinua tiene buena respuesta a los niveles de abonamiento orgánico; sin embargo, aun se desconoce la dinámica del nitrógeno en estas condiciones, ya que otros estudios demuestran que existe una inmovilización del nitrógeno en los primeros días luego de la aplicación del estiércol al suelo (Pezzarico, 2004).

Cuadro 4.
Rendimiento y producción de materia seca bajo diferentes niveles de abonamiento orgánico. Comunidad de Callapa - Altiplano Central de Bolivia.

Abono	Grano		Hoja		Tallo		Broza		Planta	
Mg. ha^{-1}	----------Materia seca (kg ha^{-1}) ----------									
0	622	c	21	c	655	b	296	b	1594	b
15	1815	a	135	a	2196	a	652	a	4798	a
30	1303	b	89	b	2143	a	599	a	4134	a
CV	12,2		15,83		20,03		9,56		8,1	

En el Cuadro 5 se presentan los contenidos de nitrógeno en el grano, hoja, tallo, broza y la planta de quinua, (lamentablemente no se tuvieron datos de la masa de la raíz y el contenido de nitrógeno en la misma), y en el Cuadro 6, el contenido de nitrógeno

expresado en kg ha^{-1}. Shulte *et al*., (2005) en un trabajo realizado en Alemania con variedades de quinua, encontraron diferencias significativas en los contenidos de N en el grano, cuando aplicaron 0. 80 y 120 kg ha^{-1} de nitrógeno y también vieron diferencias entre variedades, encontrando valores de 2 a 2,06% de nitrógeno en los granos de quinua. De acuerdo al cuadro 6, los granos de quinua llegarían a almacenar aproximadamente un 60% del nitrógeno, las hojas entre 1 y 3%, el tallo entre 21 y 29% y finalmente la broza tendría un 10 a 15%. En este análisis no se tomó en cuenta la masa de la raíz ni su contenido de nitrógeno.

Cuadro 5.
Contenido de nitrógeno en los diferentes órganos de la planta de quinua.

Abono	N-grano		N-Hojas		N-Tallo		Broza
Mg. ha^{-1}	----------Porcentaje ----------						
0	1,6	b	0,86	b	0,56	b	0,92
15	2,1	a	1,25	a	0,65	a	0,92
30	2,1	a	1,22	a	0,65	a	0,92
CV	2,88		0,33		3,61		---

Cuadro 6.
Nitrógeno extraído por el cultivo de la quinua para niveles de abonamiento orgánico. Comunidad de Callapa - Altiplano Central de Bolivia.

Abono	Grano		Hoja				Broza		Planta
Mg ha^{-1}	----------Nitrógeno (kg ha^{-1}) ----------								
0	9,9	c	0,18	c	3,7	b	2,7	b	17
15	38,1	a	1,69	a	14,3	a	6,0	a	60
30	27,4	b	1,08	b	13,9	a	5,5	a	48
CV	12,29		16,63		20,5		9,53		---

En base al contenido de nitrógeno en los órganos de la planta, es posible ajustar los valores recomendados de nitrógeno para el abonamiento y atender las exigencias del cultivo; en este sentido, para producir 1815 kg de grano o 4798 kg de materia seca (grano, hoja, tallo y broza), se debe proporcionar al cultivo 60 kg de nitrógeno.

El rendimiento relativo versus el nivel de abonamiento utilizado (Figura 2) muestra claramente que se alcanzó la máxima productividad con el nivel de 15 Mg de estiércol ha^{-1}, en relación a la aplicación de 30 ton ha^{-1}. Este comportamiento pudo deberse al mayor aporte de carbono aplicado al suelo con la dosis de 30 ton ha^{-1}, lo que pudo derivar en una mayor actividad de los microorganismos (Pezzarico, 2004).

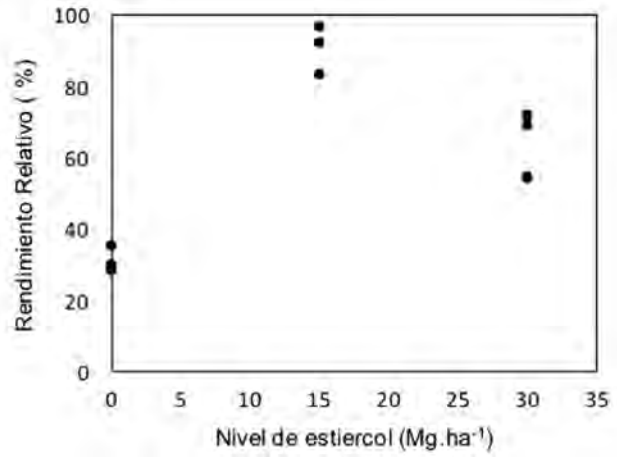


Figura 2:
Relación del rendimiento relativo del cultivo de la quinua y los niveles de abonamiento orgánico aplicado. Comunidad de Callapa-Altiplano central.

Conclusiones

- El rendimiento del cultivo de la quinua responde a niveles de abonamiento orgánico y aplicaciones de agua en el momento de la floración y grano lechoso; sin embargo, las bajas temperaturas, son eventos que inciden en un normal desarrollo del cultivo y por tanto en su productividad.
- La extracción y acumulación de nitrógeno por el cultivo de la quinua se encuentran relacionadas con el rendimiento de grano y materia seca. En condiciones del Altiplano Central, para producir 1800 kg de grano y 4790 kg de materia seca, se debe proporcionar al cultivo 60 kg de nitrógeno.

Agradecimentos. A los proyectos QuinAgua y SUMAMAD de la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés, por el apoyo financiero y logístico para la realización de estos estudios.

Referencias citadas

Calderón, I., Huarachi, A., Reynaga, A., Marza, F. & J. L. Soto. 2010. Relación de aminoácidos esenciales en 12 ecotipos de quinua real y tres variedades comerciales. In: Memoria III Congreso Mundial de la Quinua. Oruro, Bolivia. pp 42-43.

Condori, O. 2007. Evaluación participativa del riego deficitario y de fertilización orgánica sobre el desarrollo y rendimiento de quinua *(Chenopodium Quínoa Willd)* en el Altiplano Sur. Tesis de licenciatura. La Paz, Bolivia Universidad Mayor de San Andrés. 121 p.

FAUTAPO. 2008. Programa Quinua Altiplano Sur. Informe: Fertilidad, uso y manejo de suelos en la zona del Intersalar, Departamentos de: Oruro y Potosí. Oruro – Bolivia. 105 p.

Galwey, N. W. 1992. The potential of quinoa as multipurpose crop for agricultural diversification: a review. Industrial crops and products 1:101-106.

García, M., Taboada, C. y E. Yucra. 2006. Evaluación de las tendencias del balance hídrico como indicador del cambio climático. Ministerio de Planificación del Desarrollo, Reino de los Países Bajos. La Paz, Bolivia. 42 p.

Geerts, S., 2008. Deficit irrigation strategies via crop water productivity modeling: field research of quinoa in the Bolivian Altiplano. Dissertationes de Agricultura 814. Faculty of Bio-Science Engineering, K.U.Leuven, Belgium.

Geerts, S.; Garcia, M.; Cusicanqui, J.; Taboada, C.; Miranda, R.; Yucra, E. y D. Raes. 2008. Revisión Bibliográfica de los últimos avances en el conocimiento de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd). Proyecto QUINAGUA. Consejo Interuniversitario Flamenco VLIR. La Paz – Bolivia. 29 p.

Huanca, R. 2008. Evaluación de diferentes niveles de abono orgánico y riego deficitario sobre el desarrollo y rendimiento de quinua *(Chenopodium quinoa Willd)* en el Altiplano Central. Tesis de Licenciatura. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés. 147 p.

Inda, R. 2010. Evaluación del comportamiento del nitrógeno, en parcelas con cultivo de quinua bajo diferente manejo de suelos (Municipio salinas de Garci Mendoza), Oruro. Tesis de Licenciatura. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés. 138 p.

Murillo, R. 2006. Comportamiento del nitrógeno proveniente de fertilizantes minerales en el cultivo de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) bajo condiciones de riego y secano. Tesis de Licenciatura. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés. 132 p.

Orsag, V.; Castro, E; Leon, M. L.; Pacosaca, O.; Mamani, F. 2012. Evaluación de la fertilidad de los suelos en la zona intersalar. Producción sostenible de quinua. DANIDA, PIEB. La Paz Bolivia. 174p.

Osco, V. 2007. Productividad de variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) con la aplicación de diferentes niveles de fertilización orgánica en la localidad de Tiahuanacu. Tesis de Licenciatura. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés. 111 p.

Pezzarico, A. Eficiência fertilizante da cama Sobreposta de suíno. Tesis de Maestria. Passo Fundo, Brasil- Universidade de Passo Fundo. 114 p.

PIWA. 1992. Principios técnicos para la reconstrucción y producción agrícola en Waruwaru. Tomo II. Producción agrícola. Convenio: PELT/INADE – IC/COTESU. Puno Perú. 163 p.

PROINPA. 2004. Promoción e investigación de productos andinos. Conservación de recursos filogenéticos. Revista Regional Altiplano. La Paz – Bolivia 10 p.

Schulte G.; Kaul H.; Kruse, M. y W. Autfhammer. 2005. Yield and nitrogen utilization efficiency of the pseudo cereals amaranth, quinoa, and buckwheat under different nitrogen utilization. European Journal of Agronomy. 22: 95-100.

Soil Survey Staff 2006. Keys to soil taxonomy. United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service. Tenth edition. 341p.

Evaluación técnica y económica de dos sistemas de riego para la producción de quinua

Jaime Cossio[1]; Genaro Aroni[2].

[1]INIAF; [2]Fundación PROINPA.

E-mail: j.cossio300@hotmail.com

Resumen

El estudio se llevó a cabo el año 2007, en la zona de Escara (Uyuni), Potosí. El objetivo fue dar a conocer nuevos conocimientos sobre el manejo de los sistemas de riego, Las parcelas demostrativas de los sistemas de riego (aspersión y goteo) se establecieron en un suelo arenoso lo que permitió realizar la capacitación a los promotores y profesores sobre el manejo de agua, suelo y planta. Se realizó el requerimiento de agua para el cultivo de quinua por el método de Blanney-Criddle y se monitorio la humedad del suelo mediante el tensiómetro. El análisis económico de los sistemas fue realizado mediante presupuesto parciales, para la obtención de la información sobre los parámetros de riego se registraron datos de suelo, datos meteorológicos y datos del cultivo. Los mejores rendimientos y beneficios se tienen con los sistemas presurizados, en este caso el sistema por aspersión tiene mayor rendimiento de 851.4 $kgha^{-1}$ con relación al sistema por goteo que reporta 620 $kgha^{-1}$ y el testigo con 216.8 $kgha^{-1}$. En estas condiciones de suelo pobre el incremento en rendimiento por el riego por aspersión es de 292 % y en goteo de 185 % respecto al testigo.

Palabras claves: Sistemas de riego; suelos arenosos; rendimiento; análisis económico.

Introducción

Las fuentes de agua, bajo condiciones áridas del Altiplano Sud, son limitadas, la practica tradicional de construir canales abiertos para la conducción y distribución de agua por gravedad, trae como consecuencia la perdida de agua debido a la infiltración en el suelo (mayor pérdida de agua en suelos arenosos), y la distribución del riego en el terreno es des uniforme y la eficiencia de este sistema es baja.

El agua en el Altiplano Sud es más escasa y los turnos de agua en las comunidades ya no siguen una secuencia de turnos, sino que se adaptan a las disponibilidades de agua existente, por lo que en muchas comunidades con riego tradicional, si quieren mantenerse, tendrán que adaptarse a técnicas de mejor aprovechamiento y ahorro de agua.

Objetivos

- Evaluar el efecto de riego (goteo y aspersión) en el rendimiento del cultivo de quinua.
- Estudio de la factibilidad económica de los sistemas.
- Implementación de dos sistemas de riego presurizado (aspersión y goteo) con fines de capacitación a docentes y promotores en aspectos climáticos, edafológicos y en los parámetros básicos de riego.

Materiales y métodos

Se realizó el establecimiento de la parcela demostrativa de los sistemas de riego (aspersión y goteo) en la localidad de Escara ubicada a 5 km de la cuidad de Uyuni. Esta parcela permitió realizar la capacitación a los promotores y profesores en datos técnicos de suelo, parámetros climáticos (evaporación, precipitación) y otros datos técnicos que permitan la toma de decisiones.

Se realizó el cálculo de requerimiento de agua para el cultivo de quinua por el método de Blanney-Criddle y realizó el monitorio de la humedad del suelo mediante el tensiometro.

El análisis económico se realizó por el método de presupuesto parcial

Resultados

Análisis de Suelo

El establecimiento de los sistemas de riego se realizó en un suelo arenoso (90 % de arena, 9.9 % de limo, 0.1 de arcilla).

Cuadro 1.
Análisis químico y físico del suelo de la parcela de riego.

	Nitrógeno	Fósforo (P)	Potasio (K)	Materia Orgánica	Capacidad de Campo	Punto marchitez	Densidad aparente	Clase
pH	**ppm**							
6.7	13	16	106	0.3	11.5	5.5	1.31	Arena

Fuente: Laboratorio de Análisis de Plantas, Agua y Suelos (L.A P.A.S).

El análisis químico y físico muestra que el suelo de la parcela es muy bajo en nutrientes y en materia orgánica. La infiltración de estos suelos es rápida, en estos suelos se debe trabajar en la incorporación de estiércol para mejora la fertilidad y lograr almacenar agua de lluvia.

En base a los datos de capacidad de campo, punto de marchitez, densidad aparente, profundidad de raíces (0.30 m), el umbral de riego (50 %) y la eficiencia de aplicación (90 % goteo y 75% para aspersión) se realizó el cálculo de la lámina de riego para los dos sistemas. Lamina de riego para goteo es de 131 m^3ha^{-1} y para aspersión de 157 m^3ha^{-1}

Riego

Para el cálculo de la evapotranspiración se requieren datos históricos de meteorológicos y fisiológicos del cultivo. Las predicciones se basan en datos esperados y la exactitud de la estimación depende fundamentalmente de las ecuaciones que están siendo utilizadas para describir las leyes físicas que gobiernan los procesos, y de la confiabilidad de los datos climáticos y de cultivo

Cuadro 2.
Calculo de necesidades de agua del cultivo de quinua en la localidad de Escara (Uyuni) con datos promedios de 10 años 1996/2005.

Mes	Temperatura (°C)	Coeficiente de cultivo (Kc).	Evapotranspiración (cm)	Precipitación efectiva (cm)	Requerimiento riego (cm)
Noviembre	8,7	0,42	3,73	0,43	3,30
Diciembre	11,69	0,69	8,62	1,56	7,06
Enero	13,27	0,96	13,67	3,67	9,99
Febrero	13,01	1,10	13,38	3,16	10,22
Marzo	11,88	1,07	12,69	2,20	10,49
Abril	8,49	0,71	5,52	0,07	5,45
Total					**46.5**

Fuente: Elaboración J. Cossio en base a datos SENAMHI-Regional Potosí 2006.

En el Cuadro 2, presenta el cálculo la evapotranspiración potencial por el método Blaney-Criddle, estimado en base a datos de 10 años (1996/2005), se observa que el déficit de agua se presenta en todos los meses totalizando las necesidades de riego en 465 mm. para ecotipos de ciclo largo y 410.6 mm., para variedades precoces.

Para la implantación de la parcela demostrativa de riego se realizó el riego de pre - siembra con el sistema de riego por goteo (22 de noviembre) y la siembra se realizó el 27 de noviembre con el ecotipo Maniqueña (precoz). Se realizó tres riegos con los dos sistemas de riego (aspersión y goteo) en el mes de diciembre. En los meses de enero y febrero el balance hídrico fue positivo por las lluvias caídas en esos meses totalizando 191.1 mm. En marzo por problemas técnicos de la bomba de agua y del pozo no se pudo regar pero esta no afecto por que el cultivo llego a la madurez fisiológica (variedad precoz) motivo

por el cual, ya no fue necesario realizar el riego. Para el requerimiento de agua por el cultivo se utilizó el tensiometro cuyo intervalo de riego fue de 7 días.

El establecimiento de los sistemas de riego permitió realizar eventos de capacitación con los profesores y promotores sobre el manejo de los equipos.

Rendimientos del cultivo

El costo del quintal de quinua en el mercado es de 240 $Bsqq^{-1}$, se ajustó a un 10 % obteniendo un precio de 4.32 Bs el kilo de quinua que multiplicado por los rendimientos se obtienen los beneficios por cada sistema.

Cuadro 3.
Rendimientos de Kgha-1 y beneficios en Bs/ha por los sistemas de Riego.

Detalle	Con Riego		Sin Riego
	Aspersión	Goteo	Testigo
Rendimientos kgha-1	851.4	620	216.8
Precio unitario Bs/kg	4.32	4.32	4.32
Beneficios Bs/ha	3678	2678	936.5

Precio 240 Bs/qq. Precio ajustado 216 bs/qq

Los mejores rendimientos y beneficios se tiene con los sistemas presurizados, en este caso el sistema por aspersión tiene mayor rendimiento de 851.4 $kgha^{-1}$ con relación al sistema por goteo que reporta 620 $kgha^{-1}$ y el testigo con 216.8 $kgha^{-1}$. En estas condiciones de suelo pobre el incremento en rendimiento por el riego por aspersión es de 292 % y en goteo de 185 % respecto al testigo.

En el sistema por goteo el rendimiento disminuyó posiblemente debido a la compactación de la gota de agua que permitió que las partículas finas se reagrupen y formen una costra en los hoyos.

Análisis de la factibilidad

La evaluación de factibilidad de la inversión en los sistemas de riego para el cultivo de quinua se realizó con los costos de producción relacionada al rendimiento obtenido y los gastos efectuados en cada sistema donde se hace una comparación de beneficios y costos con los sistemas propuestos.

Cuadro 4.
Análisis de Beneficio/ Costo por los sistemas.

Detalle	Sistema	
	Goteo	Aspersión
Costos Bs/ha	3843	2061.3
Beneficios Bs/ha	2678	3678
B/C	0.70	1.78

De acuerdo a este análisis, tomando en cuenta la vida útil de los sistemas (10 años) con el sistema de aspersión después del séptimo ciclo de producción ganando 0.78 bolivianos por cada boliviano invertido con un beneficio de 1616.7, los siguientes tres años los beneficios serán de 100%. Mientras que con el riego por goteo la relación B/C es menor a 1.

Con el propósito de analizar la factibilidad del riego presurizado a partir de los costos de los sistemas y los rendimientos de quinua estimados en 1000, 1250 y 1500 $kgha^{-1}$, se obtuvo los años de amortización de los equipos.

Cuadro 5.
Análisis de amortización en función a rendimientos esperados.

Rendimiento en grano	Sistemas de riego	
$Kgha^{-1}$	Goteo	Aspersión
1000	9 año	5 año
1250	7 año	4 año
1500	6 año	3 año

En el sistema por goteo considerando la vida útil del sistema (10 años) y considerando los rendimientos esperados de 1000, 1250 y 1500 $kgha^{-1}$ se tiene la amortización del equipo en el noveno, séptimo y sexto años y los beneficios del 100 % se tiene en el décimo, octavo y séptimo años con los rendimientos de 1000, 1250 y 1500 $kgha^{-1}$ respectivamente.

En el sistema por aspersión los beneficios del 100 % se tienen a partir del sexto, quinto y cuarto año con los rendimientos de 1000, 1250 y 1500 $kgha^{-1}$ respectivamente.

Los costos de los equipos de riego presurizado en el mercado nacional tienden a bajar por la competencia de los distribuidores (importadores) y la fabricación de equipos en este rubro por empresas nacionales permitirá bajar los costos de producción y de esta manera aumentar los beneficios y disminuir los años de amortización.

Para que el sistema sea sostenible es necesaria la incorporación de abonos orgánicos (estiércol) con el propósito de mejorar la fertilidad y la conservación de suelo, lo que permitirá incrementar los rendimientos, ya que solamente con el uso del agua no será sostenible el sistema.

Este estudio de factibilidad de la inversión en los sistemas de riego por goteo para el cultivo de quinua, es corroborado por ESMAP/UNDP/WORD BANK citado por Collao 2001, donde realizaron la comparación de los valores de B/C con y sin riego, y se llegó a la conclusión que el costo de agua de riego para el cultivo de quinua alcanza a 0.13 $/$m^3$ y la amortización de una inversión para 5500 has de bombeo de agua de 190 pozos, se amortiza en 12 años y la relación beneficio/costo es de 1.02.

Conclusiones

- Los rendimientos se incrementaron en 185 % y 292 % con los sistemas de riego y aspersión respectivamente.
- El riego presurizado (riego por aspersión y goteo), con estos sistemas de riego, la eficiencia, aplicación y conducción fue de 85 % y 95 %.
- Permite reducir los riesgos económicos, por que disminuye la dependencia climática (sequía y helada), porque al contar con agua de riego las fechas de siembra pueden ser adelantadas con las variedades tardías y atrasadas con las variedades precoces.
- Realizar estudio de riego suplementario o de auxilio en tres etapas del cultivo considerando otras variables como ecotipos, densidad de siembra y uso de biofertilizantes.
- Existe conciencia en el manejo de los recursos naturales, especialmente en el manejo de los suelos ya que es recurso importante de la zona para la producción de la quinua. Los promotores y profesores capacitaran a los alumnos y agricultores, en el manejo racional de los suelos y de esta forma alcanzar la sostenibilidad en los rendimientos.
- La validación de nuevos métodos de riego por goteo y aspersión despertó mucho interés entre los participantes, pero tienen algunas limitaciones por el alto costo y la necesidad de contar con fuentes de agua permanentes.

Referencias citadas

AGUILERA, C.M. Y MARTÍNEZ, E.R. 1996, relaciones agua, suelo planta atmosférica. Ed. Universidad Autónoma Chapingo, Montecillo, México D.F. 123 p.

ARONI, J.C., ARONI, G., QUISPE, R. y BONIFACIO A. 2003, Catalogo de la quinua real Ed. Poligraf Cochabamba, Bolivia 26-27 p.

BONIFACIO, A. 2003 Informe Anual 2002-2003, Manejo Integrado de Cultivos MIC. PROINPA Cochabamba Bolivia.

CIMMYT 1988. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos. Un manual metodológico de evaluación económica. Edición revisada. México D.F. 79 p.

CHILON, E. 1991 Efecto de incorporación de enmiendas orgánicas. III Congreso Nacional de biología. Instituto de Biología, UMSA. La Paz, Bolivia 74-75 p.

COLLAO P., F.R. 2001 Informe de consultoría sobre la cadena producción de quinua.

NAVARRO, G. 1993. Vegetación de Bolivia; el altiplano meridional. *Rivasgodaya* 7: 69-98.

PAO 2005 Componente Desarrollo Tecnológico, Programa Quinua Holanda.

RESTREPO R. J. 2000 Material didáctico del X Curso-Taller Latinoamericano de Agricultura Orgánica, Universidad Estatal a Distancia, Mercedes Montes de Oca, San José, Costa Rica.

Rodríguez. R. 2006, Reporte de análisis de la fertilidad de suelos de 26 muestra del altiplano sud Laboratorio de Análisis de plantas, agua y suelos (L.A P.A.S).

Servicio Nacional Meteorología Hidrológica Regional Potosí, 2006 Estación Meteorológica de Uyuni, Potosí.

Técnicas de downscaling estadístico para evaluar el impacto del cambio climático en zonas productoras de quinoa

Magali Garcia; EdwinYucra; Katherine Rojas.

Proyecto QUINAGUA-SUMAMAD, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés (UMSA).

E-mail: magalygc1@yahoo.es

Introducción

Las observaciones y estudios realizados hasta la fecha han permitido constatar un calentamiento global del planeta. Este proceso podría incrementar las condiciones climáticas extremas que se traducen en olas de calor, sequías, inundaciones, etc, y su incidencia en el planeta y en la raza humana, aún no está clara. Para aproximar las características del clima futuro, se han obtenido proyecciones de la tendencia futura de estos cambios, utilizando modelos físico-matemáticos del clima (conocidos como Modelos de Circulación General, MCGs) que simulan la dinámica del sistema climático bajo distintos escenarios futuros de emisión de Gases de Efecto Invernadero. Sin embargo, la resolución espacial de estos modelos es limitada (~200 km), por lo que los escenarios globales no permiten analizar la magnitud de los posibles impactos locales en los ecosistemas, la agricultura, la hidrología, etc., ya que no consideran las heterogeneidades regionales ni locales. Este efecto es más notorio en zonas como el Altiplano Boliviano que se encuentra rodeado por heterogeneidades fisiográficas que alteran las predicciones de los modelos sobre o subestimando inconsistentemente las proyecciones de los MCG's.

De acuerdo a la UNFCCC[4] el downscaling o regionalización es un método para obtener información climática o de cambio climático de alta resolución a partir de los Modelos de Circulación General (MCG's) con el fin de aplicar sus resultados a modelos de impacto local que requieren mayor detalle de información. El downscaling estadístico es una forma de regionalización que deriva primero relaciones entre información observada a

4 http://unfccc.int/files/adaptation/methodologies_for/vulnerability_and_adaptation/application/pdf/statistical_downscaling.pdf. Obtenido en marzo de 2013.

pequeña escala (normalmente estaciones meteorológicas) y variables de mayor escala provenientes de los MCG's utilizando métodos análogos, análisis de regresión o de redes neuronales. Los valores futuros obtenidos de la proyecciones de cambio climático de los MCG's son entonces usados para orientar la relación estadística y así estimar los detalle a pequeña escala del clima futuro.

La adaptación local al cambio climático requiere diversas actividades genéricas que incluyan las características climáticas previstas dentro de la planificación de desarrollo de las comunidades. Uno de los problemas relacionados más recurrentemente identificados es que un clima cambiante provocará cambios en la frecuencia, intensidad y duración de eventos climáticos extremos, los cuales deben ser identificados considerando siempre su nivel de incertidumbre. Estos cambios en los extremos pueden afectar en la media, la varianza o la forma de las distribuciones probabilísticas pero están inferidos dentro de la variabilidad natural local del clima, la cual finalmente definirá sus características locales.

La tarea de reducir la escala de los resultados de los escenarios globales de cambio climático es determinante para poder llevar a cabo de forma adecuada estudios de impacto y adaptación local, que tengan en cuenta la variabilidad regional del clima y la influencia de las características de las zonas de estudio. Las dos metodologías que se utilizan en este proceso son: a) regionalización dinámica, utilizando modelos regionales del clima, con una resolución mayor (hasta 25km), que actúan en una región limitada, y que están acoplados con los modelos globales que proporcionan las condiciones de contorno para las simulaciones. El problema de esta técnica es que requiere de recursos computacionales muy elevados con un costo comparativo muy alto. Adicionalmente, zonas con fisiografía muy accidentada no son claramente representadas pues la grilla, aún reducida, podría ser aun mayor que sus variaciones y b) la regionalización estadística, que utiliza modelos empíricos para proyectar las condiciones climáticas futuras en localidades cuyas características climáticas presentes son conocidas (a través de observaciones). Esta es una técnica muy barata, pero su punto débil es que se asume que la validez de los modelos empíricos ajustados en el clima presente se mantendrá en el clima futuro.

Siendo que la regionalización o downscaling estadístico es una herramienta de fácil acceso con buenos resultados, diversos autores y agencias (UNFCC (2005), Canadian Climate Change Scenarios Network (2013) entre otros) sugieren su uso a nivel local. Estos autores describen que entre los diversos métodos de regionalización o downscaling estadístico están: a) Funciones de transferencia, basadas en modelos de regresión, lineales y no lineales para derivar las relaciones entre predictandos locales y predictores de larga escala. b) Tipos de tiempo y métodos de análogos, basados en modelos de vecinos cercanos o de clasificación de tiempos en un número de grupos con similares tipos de tiempo meteorológico y c) Generadores de tiempo, a través de la simulación estocástica de series de valores diarios consistentes con la climatología disponible. Posteriormente se identificó su utilidad para la regionalización local por su capacidad de

reproducir la climatología diaria, la cual, integrada con los resultados de los Modelos de Circulación General, ha mostrado una amplia y barata aplicabilidad para la evaluación de condiciones futuras locales. Dentro de estos últimos, el modelo LARS-WG (Semenov y Barrow (1997), Semenov *et al.* (1998)) ha mostrado capacidad para reproducir adecuadamente las condiciones meteorológicas locales de puntos situados bajo variadas condiciones fisiográficas y meteorológicas.

Metodología

Se trabaja con series de tiempo de dos estaciones meteorológicas (Rio Mulatos y Patacamaya) que cuentan con 30 años de información climática diaria y que están ubicadas en zonas de producción y de expansión del cultivo de la quinua respectivamente. Estas series incluyen la información diaria de Precipitación (PP), Temperaturas Máximas (Tmax) y Mínimas (Tmin). Las series fueron filtradas en su consistencia para introducirlas en el Generador de Tiempo LARS-WG y correrlas bajo el límite del modelo ECHAM 5.0 y para las condiciones previstas por el escenario A2. Las series climáticas observadas fueron utilizadas para primeramente, generar 30 años de datos diarios que deberían representar la distribución histórica de las estaciones utilizadas y así evaluar la capacidad del modelo de generar datos con poblaciones estadísticamente iguales a las de entrada. Esto fue medido a través de la comparación de las medias mensuales de los datos generados con la información observada. Los percentiles 95vo y 5to de las Temperaturas Máximas, Mínimas y Precipitación fueron también analizados.

Una vez verificada la capacidad del generador LARS-WG para representar las condiciones termopluviométricas de las zonas representadas por las estaciones analizadas, se procedió a generar poblaciones climáticas de las décadas de 2020-2030 y 2045-2055 en las cuales se evaluó el cambio promedio de Tmax, Tmin y PP y la frecuencia y variación de la duración del periodo libre de heladas (Tmin $<0^{0}$C) y las Tmax extremas. Con las temperaturas medias diarias se calculó la duración del ciclo vegetativo de la quinoa en el periodo histórico y el futuro aplicando el concepto de Grados Día (GDD) con una Tbase de 1^{0}C y asumiendo una Constante Térmica de 1500 GDD con una fecha de siembra en Rio Mulatos del 1 de Octubre y en Patacamaya del 10 de Octubre.

Se evaluaron los periodos de retorno de la Tmax absoluta y la PPmax absoluta del registro histórico, cuyos valores anuales fueron evaluados por medio de la distribución de Gumbel determinando el periodo de retorno del valor absoluto de la población histórica. Luego se calculó el periodo de retorno de este valor absoluto histórico pero dentro de la población de las nuevas condiciones que se esperan para el periodo 2045-2055.

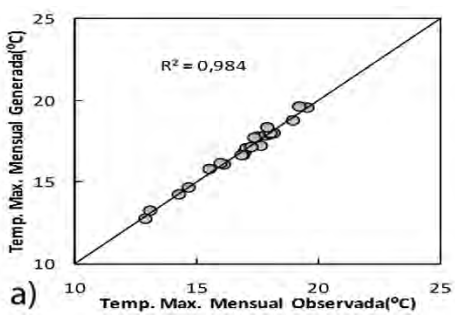
También se calculó la probabilidad de que se presenten años secos o húmedos en base a los datos históricos mensuales tanto en el inicio de la época de lluvias (Oct-Dic.) como en la época pico de lluvias (Ene.-Mar.). A estos registros se aplicó un análisis de cuartiles, definiendo como años secos a aquellos en que la PP mensual se ubique en el cuartil inferior, años normales a los que la PP se encuentre en los cuartiles centrales y los que

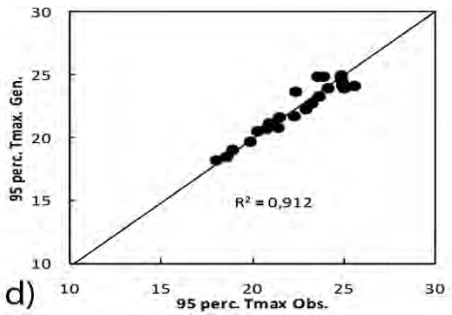
la precipitación se encuentre en el cuartil superior se consideran como húmedos, finalmente se calculó la probabilidad de que ocurra un tipo de año (seco, normal, húmedo). El mismo análisis se realizó en la población futura pero comparando con los límites definidos por los cuartiles de la población histórica. De esta manera se determinó la probabilidad de que en el futuro ocurran años que al presente se consideran como secos, normales y húmedos.

Resultados

Validación del modelo LARS-WG

Los valores de precipitación, Temperatura Máxima (Tmax) y Mínima (Tmin) promedio mensual fueron bien reproducidos por el modelo LARS-WG, lo cual es demostrado por el valor de la correlación conjunta de las estaciones consideradas en el presente trabajo. La Figura 1, a), b) y c) presenta los gráficos 1:1 de la precipitación, Tmax y Tmin observada y generada de las estaciones incluidas en el estudio, junto con el valor de Coeficiente de Determinación R^2 de las relaciones obtenidas. La capacidad de un generador de replicar los resultados de una población climática debe ser evaluada no solo en los promedios sino también en los extremos pues esta capacidad mostrará la factibilidad de evaluar eventos extremos en las zonas. Por ello la Figura 1 d), e) y f) muestra los gráficos 1:1 de la precipitación máxima extrema, el percentil 95 de la Tmax y el percentil 5 de la Tmin observadas y generadas de las estaciones estudiadas, también con su valor de Coeficiente de Determinación R^2. En todos los casos se aprecia una clara coincidencia entre los valores reproducidos con las características de las poblaciones climáticas estudiadas tanto en su variabilidad, promedios y en sus extremos. Bajo este concepto es posible asumir que el modelo tiene la posibilidad con un elevado nivel de certidumbre de reflejar adecuadamente las condiciones climáticas que pueden ser esperadas para el futuro en las zonas representadas por las estaciones de Patacamaya y Rio Mulatos.





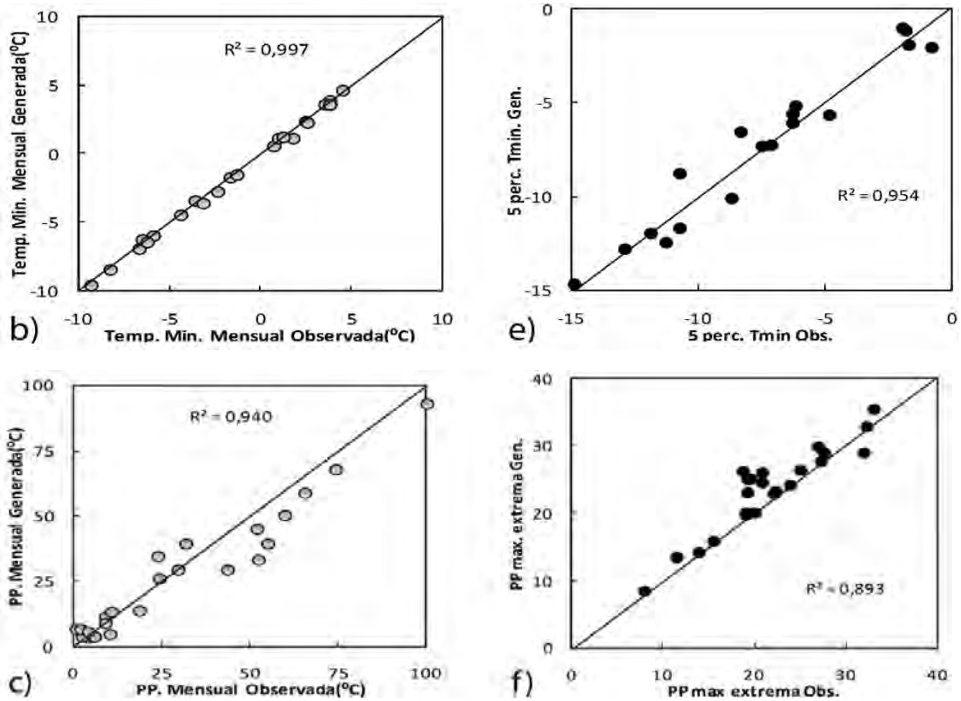


Figura 1.

a), b) y c) presentan los gráficos 1:1 de, Tmax, Tmin y PP promedios mensuales observadas y generadas. d), e) y f) muestra los gráficos 1:1 del percentil 95 de la Tmax, el percentil 5 de la Tmin y las PP máximas extremas observadas y generadas de las estaciones incluidas en el estudio.

Variaciones esperadas en las temperaturas y la precipitación mensual en las zonas de estudio

Los valores proyectados de temperatura y precipitación para las estaciones estudiadas son presentados en la Figura 2. Se aprecia que los mayores incrementos térmicos se observarían hacia 2045-2050 con poco cambio hasta 2020-2030. La Tmin se incrementa más en los meses invernales pero esto no reduce la limitación de las extremas temperaturas bajas que enfrentan las zonas, aunque este proceso es mucho más claro en Rio Mulatos que en Patacamaya. Esta última presentaba un menor riesgo de heladas en el periodo histórico por lo que su riesgo se reducirá aún más.

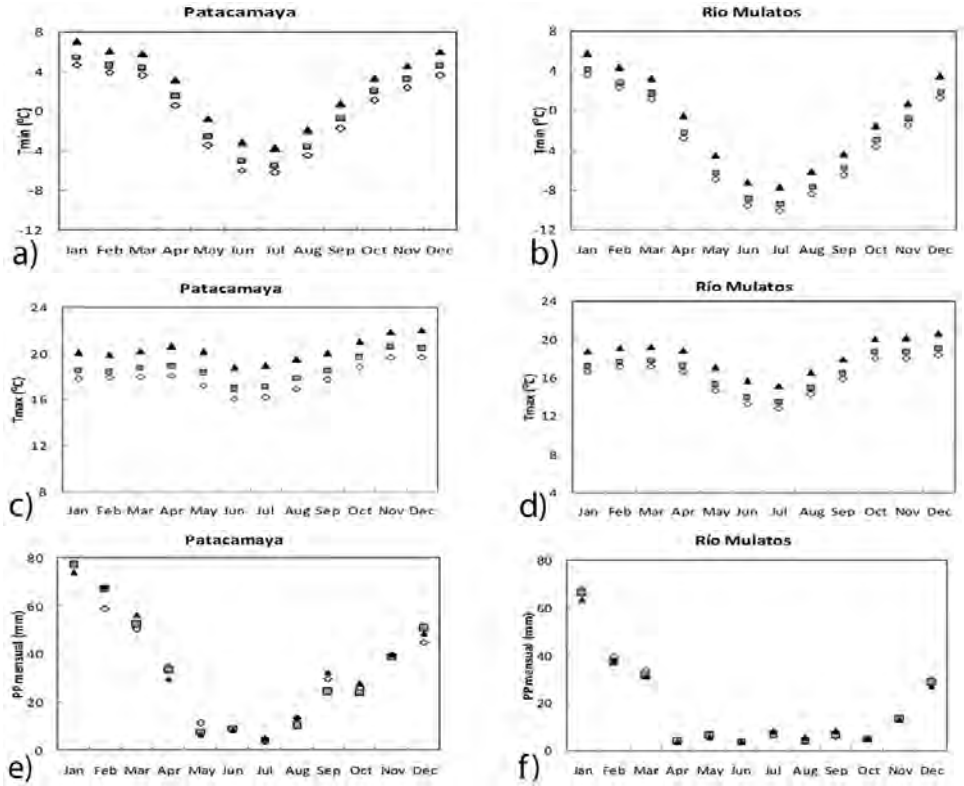


Figura 2.
Valores promedio mensuales proyectados de Tmin (arriba), Tmax (centro) y PP (abajo) para las estaciones estudiadas. Diamantes representan a los promedios de la población histórica, Cuadrados a 2020-2030 y Triángulos a 2045-2055.

El incremento en las Tmax se percibe con mayor intensidad en Patacamaya que en Rio Mulatos, probablemente por la mayor sequedad del aire, la cercanía a los anticiclones y la altitud que reducen la posibilidad de acumular energía durante el día. También se percibe una elevación térmica homogénea a lo largo del año a diferencia de la Tmin.

La precipitación presenta cambios más heterogéneos, esperándose en Patacamaya cierto incremento en la precipitación en los meses pico de la época de lluvias (Dic.-Mar), con un proceso inverso en los meses invernales que se tornan más secos. En el caso de Rio Mulatos, se percibe más bien que los meses pico de la época de lluvias presentan una cierta tendencia a recibir menor precipitación, mientras que los meses invernales no presentan cambios en los promedios. Considerando la fuerte concentración de la precipitación en esta zona, su reducción durante la época pico de lluvias puede resultar en impactos significativos para la época de cultivo de quinoa que debe enfrentar permanente estrés hídrico durante su cultivo en la zona.

Extremos climáticos de mayor importancia para el cultivo de la quinoa en la zona

El estudio de los extremos climáticos, en muchos casos tiene mayor importancia que los promedios. Esto es especialmente cierto en zonas con variables erráticas y/o elevados riesgos agroclimáticos, como el Altiplano Boliviano. Por ello, también se analizan los riesgos más importantes en la zona. En el caso de las zonas productivas de quinoa, estos se traducen en heladas, sequía, golpes de calor y eventuales inundaciones.

Riesgo de heladas

Las Tmin diarias inferiores a 0^0C, fueron evaluadas para las dos estaciones estudiadas con el fin de identificar la variación en la ventana libre de heladas durante la cual la agricultura podría desarrollarse adecuadamente en la zona. La Figura 1 a) y b) muestra que el riesgo de heladas no desaparecerá en las zonas, y aunque muestran reducción, esta no es efectiva todo el año. Por ello se ha evaluado las Tmin diarias para los periodos históricos, 2020-2030 y 2045-2055 con su variabilidad diaria tanto observada como prevista (Figura 3). Se aprecia que en el periodo histórico, en años con elevada presencia de heladas, el periodo libre de heladas podría ser tan bajo como 110 días en Patacamaya y sólo 45 días en Río Mulatos. En promedio este periodo es de 190 días en Patacamaya y de 100 días en Río Mulatos.

El incremento térmico esperado bajo el escenario A2, muestra una ampliación del periodo libre de heladas en Patacamaya, llegando hasta 180 días sin heladas en años fríos y 240 días sin heladas en años promedio. Este comportamiento, sin embargo es mucho menos claro en Rio Mulatos donde se tendrían hasta 80 días sin heladas en años fríos y 140 días sin heladas en años promedio. De esta manera se aprecia que el calentamiento de la zona posibilitaría, desde un punto de vista de heladas, mejores condiciones agrícolas en Patacamaya pero que este beneficio sería sentido menos claro en Río Mulatos que aún bajo condiciones de cambio climático, enfrentará periódicamente años con elevados riesgos de heladas.

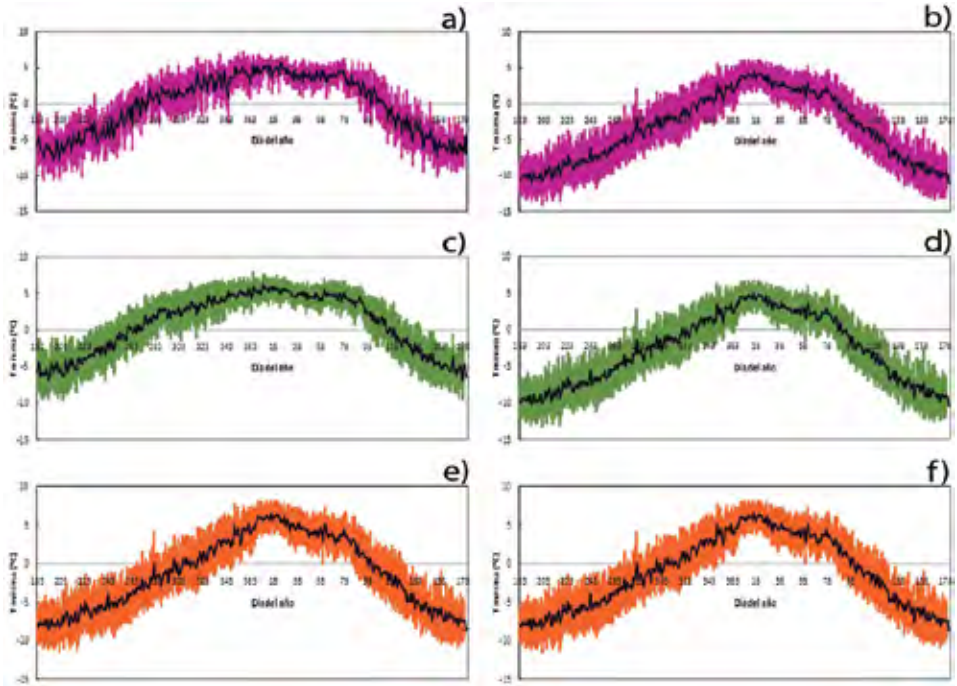


Figura 3.
Tmin diaria promedio (líneas negras) con el rango de una desviación estándar de la población para a) y b) periodo histórico; c) y d) 2020-2030 y e) y f) 2045-2055 en las estaciones de (izquierda) Patacamaya y (derecha) Río Mulatos.

Ciclo de cultivo

La duración del ciclo de cultivo es importante para la planificación de las actividades agrícolas. Por ello se ha desarrollado el término de acumulación de unidades de calor (GDD) que ayuda a definir la longitud del ciclo de los cultivos. En estudios realizados en diversas zonas productoras de quinoa del Altiplano se ha definido que el cultivo requiere en promedio 1500 GDD para concluir su ciclo de cultivo. Bajo estos valores se ha determinado la variabilidad del ciclo de cultivo en el periodo histórico y se lo ha proyectado para los datos provistos por el generador climático para 2020-2030 y para 2045-2055 (Figura 4 a) asumiendo como fecha de siembra el 1 de Octubre en Rio Mulatos y 10 de Octubre en Patacamaya. Los resultados muestran que en el periodo histórico, en el Altiplano Sud, existe una fuerte variabilidad en el ciclo de cultivo debido a la presencia errática de temperaturas mínimas muy bajas. Sin embargo con la elevación térmica, esta variabilidad reduce aunque en todos los casos es mayor que en Patacamaya. Se aprecia también que en Río Mulatos en 2020-2030 sólo se reducirá la variabilidad del ciclo pero la duración de este sería similar al periodo histórico. Es sólo

en 2045-2055 que se percibe una mayor diferenciación en la duración del ciclo. Esto no ocurre en Patacamaya donde el impacto es claro en el futuro cercano y significativo para medio siglo.

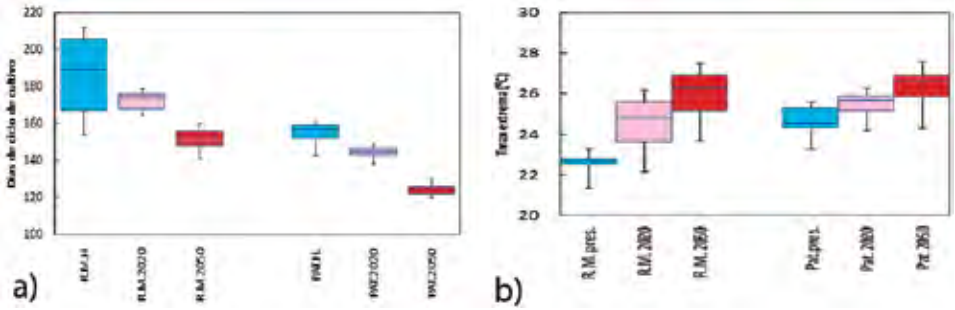


Figura 4.

a) Duración del ciclo de cultivo y b) Tmax extrema anual en el periodo histórico (azul) y 2020-2030 (rosa) y 2045-2055 (rojo) en Río mulatos (R.M.) y Patacamaya (PAT). Los boxplots muestran la variabilidad con los valores máximos y mínimos.

Temperaturas máximas extremas

Los golpes de calor podrían también considerarse como un riesgo para el cultivo de la quinoa, principalmente si ocurren durante la floración y llenado de grano, debido a que las elevadas temperaturas incrementan la demanda evaporativa de la atmósfera y porque reducen la probabilidad de éxito de la floración, disminuyendo el rendimiento. Las temperaturas máximas extremas anuales se perciben con incrementos claros (Figura 4 b) tanto en su magnitud como en su dispersión, existiendo el riesgo de que algunos años las temperaturas máximas extremas alcancen rangos que podrían provocar daños en los cultivos. Se percibe que los rangos que en el periodo histórico son menores en Rio Mulatos que en Patacamaya, en el futuro serían similares, mostrando que el impacto sobre las temperaturas extremas sería mayor en el Sud que en el altiplano Central, probablemente por la sequedad del ambiente que reduce el efecto amortiguador de la atmósfera a la llegada de radiación extrema que se acumularía eventualmente por el mayor contenido de Gases de Efecto Invernadero en su atmósfera.

Riesgo de sequía

El análisis del riesgo de sequía fue evaluado asumiendo como referencia las condiciones históricas de las zonas estudiadas. El Cuadro 1 muestra que durante el inicio de la época de lluvias se incrementa fuertemente el riesgo de enfrentar años secos en los dos puntos estudiados. En Patacamaya en esta época reduce la probabilidad de años húmedos por lo que los años en general podrían ser más secos que al presente, aunque los años húmedos podrían tener magnitudes un poco más elevadas que al presente, por lo que los promedios serían similares o superiores al presente. En el caso de la

precipitación durante el periodo pico de la época de lluvias, en Patacamaya se reduce levemente el riesgo de enfrentar años secos y años húmedos mientras que la lluvia parece tener una mayor probabilidad de tener un comportamiento regular o normal. En cambio en Río Mulatos el riesgo de enfrentar años secos se incrementa así como se reduce el riesgo de enfrentar años húmedos en el futuro.

Cuadro 1.
Probabilidad de ocurrencia (%) de un tipo de año hidrológico en los periodos Octubre-Diciembre (O-D) y Enero a Marzo (E-M) en el registro histórico y en 2045-2055

ESTACION	Tipo de Año	HISTORICO	2050	HISTORICO	2050
		O-D	O-D	E-M	E-M
PATACAMAYA	Seco	21,4	32,1	23,8	21,4
	Normal	48,2	44,6	45,2	51,2
	Húmedo	30,4	23,2	31,0	27,4
RIO MULATOS	Seco	14,3	21,4	25,0	29,1
	Normal	60,7	35,7	50,0	51,7
	Húmedo	25,0	42,9	25,0	19,2

Periodo de retorno de las Temperaturas y Precipitaciones extremas

El periodo de retorno muestra la frecuencia con que un evento se presenta en cualquier zona. Se calculó este periodo para las Tmax y PP extremas identificadas durante el periodo histórico y su periodo de retorno bajo las condiciones futuras. La Figura 5 a) muestra que las Tmax extremas que tenían alrededor de 10 años de periodo de retorno en el periodo histórico en ambas zonas, en 2045-2055 ocurrirán prácticamente todos los años. Las PP extremas no muestran cambios significativos en sus retornos, percibiéndose en Patacamaya que el periodo de retorno de la PP max extrema (Figura 5 b)) podría reducir levemente siendo un poco más frecuente la posibilidad de enfrentar PP extremas en esta zona.

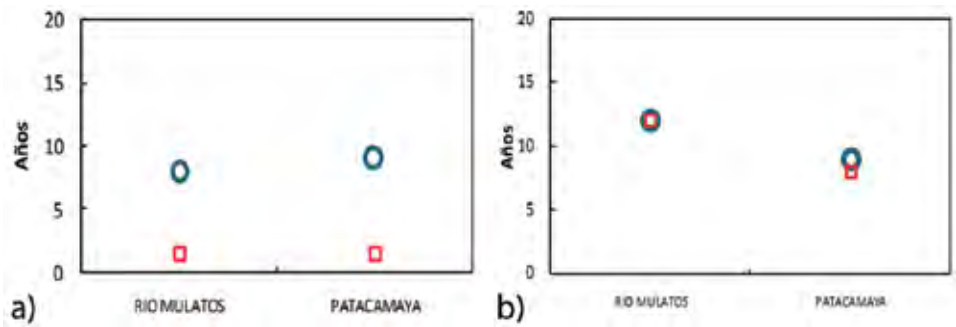


Figura 5.
Periodo de retorno de a) Tmax y b) PP extremas para las estaciones estudiadas. En círculos azules el registro histórico, en cuadrados rojos el registro 2045-2055.

Conclusiones

- Los resultados obtenidos muestran condiciones muy interesantes de analizar en las características climáticas futuras y los eventos extremos a ser esperados en las áreas, tradicional y de expansión donde se produce quinua.
- Desde el punto de vista de las Tmin, a pesar de que el riesgo de heladas ha disminuido, en la zona continuarán ocurriendo una considerable cantidad de días en los que las temperaturas descenderán hasta niveles de daño a los cultivos y por tanto esta amenaza no habrá desaparecido sino que sólo se habrá reducido, por lo que las zonas deberán continuar incluyendo este riesgo en su consideración productiva con mayor énfasis en el Sud que en Patacamaya. Estas zonas podrían variar su vocación productiva con cultivos o forrajes más comerciales y menos rústicos pero estos, solo sobrevivirían el verano pues no resistirían las temperaturas mínimas extremas de invierno.
- En el análisis de las temperaturas máximas, si bien el promedio de estas muestra un ascenso regular de alrededor de 2 a 3°C, el riesgo de enfrentar muchos días muy calientes se ha incrementado fuertemente, lo cual podrá afectar con fuerza a los sistemas productivos pues los cultivos de estas áreas no se encuentran habituados a temperaturas muy elevadas y este incremento significará mayor demanda de agua que en muchos casos no podrá ser cubierta con el agua de precipitación, pues esta no sufrirá cambios de consideración. Esto significa que en el periodo histórico las zonas sufrían de déficit hídrico, a futuro este déficit será mayor por la mayor demanda y no necesariamente por la menor oferta de agua. Por ello, se debe pensar en sistemas productivos alternativos ya sea con apoyo de sistemas de riego, y/o cambios en las épocas de cultivo.
- La precipitación también se constituye en un factor de riesgo elevado, tanto por su falta como en algunos casos por sus magnitudes elevadas. El análisis estadístico de la precipitación, muestra que en Patacamaya se tiene una cierta tendencia al retraso en la época de lluvias con intensificación de la época pico de máxima precipitación. Esto conlleva a considerar acciones de complementación de agua en las etapas iniciales del cultivo, pues el riesgo de fracaso de este tipo de producción se incrementará fuertemente por no lograr establecerse debido a la falta de agua y las elevadas temperaturas, mientras que en la época pico se deberá pensar en problemas incrementados de plagas pues la mayor humedad y temperatura favorecerá su desarrollo. Río Mulatos también parece incrementar su probabilidad de años secos tanto al inicio de la época de lluvias como entre Enero y Marzo, lo cual es un factor muy complejo de riesgo ya que la agricultura en esta zona es principalmente de secano por lo que menos lluvia en la época pico de cultivo con mayores temperaturas pondría en grave peligro a la producción de la zona.
- En general, en ambas zonas se percibe una fuerte variabilidad de la posible presencia de los extremos climáticos, por lo que los sistemas deberán plantear acciones muy flexibles que los preparen para eventos de señal positiva y negativa simultáneamente especialmente para las precipitaciones. En el caso de la tempe-

ratura, esta presenta una señal constante de ascenso que incluso muestra que los extremos históricos se constituirán en la población normal del futuro.

- En este ámbito, las zonas productivas deben trabajar en diferentes acciones de prevención que pasan por acciones sociales, productivas y de infraestructura. Por ejemplo, se debe capacitar a la población para mejorar la prevención y preparación para afrontar los riesgos. Con este objetivo habrá que fortalecer las organizaciones rurales, para lograr una adecuada adaptación institucional. Se deberían crear tecnologías y sistemas agroclimáticos para vigilar las condiciones locales a fin de ayudar a los agricultores y las autoridades locales a conocer con el mayor detalle posible cómo repercutirá el cambio climático en sus zonas y si se podría aprovechar de mejor manera las nuevas condiciones termopluviométricas que se esperarían en la zona.
- Dado que se ha percibido que los extremos de hoy, podrían ser muy similares a las condiciones medias del futuro se podría trabajar con una comparación espacial y/o temporal de análogos (asumiendo que lo que pasó puede ser semejante a lo que está pasando o pasará). Como ejemplo puede citarse el uso de los índices de vegetación en años hídricos extremos (secos ó húmedos,), ó la probabilidad de ocurrencia de niveles elevados o bajos de rendimiento asociados a las fases extremas de los eventos ENOS (El Niño y La Niña).
- Con la información climática producida en el presente trabajo se pueden aplicar modelos estadísticos y productivos que den luces sobre el impacto más previsible del cambio climático con bajo nivel de incertidumbre. Por ejemplo, las ecuaciones que establecen la relación entre rendimientos y lluvias ocurridas en los períodos críticos, aplicadas con la información climática futura producirán simulaciones de rendimientos que podrían ser cercanos a los rendimientos reales futuros y a la variabilidad que podría esperarse de ellos. También podrían desarrollarse funciones de Intensidad-duración-Frecuencia de las precipitaciones con énfasis a la precisión de los extremos, los cuales combinados con proyecciones y uso de Sistemas de Información Geográfico podrían identificar las áreas más propensas a inundaciones en el futuro bajo las condiciones pluviométricas extremas que podrían ocurrir.

Referencias citadas

CCCSN. Downscaling Tools. Obtenido de http://www.cccsn.ec.gc.ca/?page=dst-intro en Marzo de 2013.

Semenov MA & Barrow EM (1997) Use of a stochastic weather generator in the development of climate change scenarios. Climatic Change, 35: 397-414.

Semenov MA, Brooks RJ, Barrow EM & Richardson CW (1998) Comparison of the WGEN and LARS-WG stochastic weather generators for diverse climates. Climate Research, 10:95-107.

UNFCC (2005); Compendium on methods and tools to evaluate impacts of, and vulnerability and adaptation to, climate change.

Von Storch H., Hewitson B., y Mearns L.; Review of Empirical Downscaling Techniques. GKSS Research Center, Institute for Hydrophysics, Germany. Obtenido de http://regclim.met.no/rapport_4/presentation02/presentation02.htm en Marzo de 2013.

Flexibilidad fenológica de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en respuesta al estrés hídrico

Sam Geerts[1]; Magali Garcia[2]; Dirk Raes[1].

[1] Division of Soil and Water Management, Leuven University K.U.

[2] Proyecto QUINAGUA, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés (UMSA).

E-mail: magalygc1@yahoo.es

Resumen

La acumulación de horas calor (Grados día) es una forma común de describir el desarrollo fenológico en la modelación de cultivos. Sin embargo, no es muy común cuantificar la sensibilidad de este parámetro al estrés hídrico. Los efectos de la falta de agua pre-antesis sobre el momento de la antesis y de la madurez fisiológica fueron evaluados para quinoa ***(Chenopodium quinoa*** Willd.), para ello se implementaron parcelas experimentales durante dos gestiones agrícolas (2005-2006 y 2006-2007) en comunidades del altiplano central de Bolivia en parcelas experimentales demostrativas con varios tratamientos considerando los factores época de siembra y aplicación de riego. Para evaluar el efecto del estrés hídrico sobre el desarrollo del cultivo, se utilizaron tres indicadores de estrés: número de días que el contenido de agua en las raíces estaba por encima de un umbral, la transpiración relativa media, y la suma de transpiración real diaria, estandarizada para la evapotranspiración de referencia (Σ (Ta/ETo)). El mejor indicador para cuantificar el efecto de sequía pre-antesis en el desarrollo fenológico Σ (Ta/ET0) acumulado hasta 60 días después la siembra. Este indicador mostró una relación logarítmica significativa con el tiempo de la antesis y el tiempo para la madurez fisiológica. Las correlaciones del indicador de estrés por sequía con la acumulación de tiempo térmica fueron mejores que con la acumulación de Grados Día. Debido al efecto de la sequía después de la antesis, las correlaciones del indicador de estrés hídrico con el momento de la antesis fueron más fuertes que con el tiempo a madurez fisiológica. Los resultados muestran que el riego deficitario puede mejorar la planificación agrícola debido a un mejor control de la evolución fenológica de quinua. Las relaciones propuestas se pueden utilizar para modelar el desarrollo fenológico de la quinua en las zona productoras que son propensas a la sequía.

Palabras claves: Flexibilidad fenológica; estrés hídrico; quinua.

Introducción

Generalmente, los grados día (GDD) o el concepto de unidad de calor son la base para la modelación del desarrollo fenológico de los diferentes cultivos, tanto para los más comerciales como para los denominados cultivos sub-utilizados. El concepto GDD, describe el desarrollo del cultivo como una función de la suma de las temperaturas por encima de la temperatura base (límite inferior) (Yang *et al*., 1995). Azam-Ali y Squire (2002) mencionan que el concepto de tiempo termal es válido bajo un amplio rango de condiciones medioambientales, pero que generalmente es sensible al estrés hídrico. Por ejemplo, McMaster y Wilhelm (2003) reportaron que como efecto del estrés hídrico, especies como el trigo y la cebada acortaron la duración del ciclo de cultivo. McMaster y Smika (1988) ya sugirieron que para mejorar la efectividad de los modelos GDD se deberían incluir diferencias específicas ya sea debido al cultivar o al estrés hídrico; sin embargo, pocos modelos de desarrollo de cultivo incluyen una corrección por estrés hídrico y mucho menos en especies rústicas y de gran plasticidad como la quinua. Este cultivo se caracteriza principalmente por su capacidad de adaptación a condiciones desfavorables de suelo y clima que prevalecen en el Altiplano Boliviano (Garcia *et al.*, 2003; Geerts *et al*., 2006a). La quinua es un cultivo altamente resistente a la sequía siendo la flexibilidad fenológica y acortamiento del ciclo vegetativo los mecanismos que se reportan como medida de evasión a la sequía (Jacobsen *et al*., 2003; Garcia, 2003). Por ello, es conveniente tener un mayor conocimiento del desarrollo fenológico de la quinua bajo condiciones variables de estrés hídrico ya que las variaciones de la duración del ciclo de cultivo dificultan una buena planificación de las prácticas y el laboreo agrícola e incluso incrementan grandemente el riesgo climático principalmente por la ocurrencia de heladas en la última etapa del ciclo lo que generalmente ocurre en el Altiplano Boliviano.

Metodología

Se implementaron parcelas experimentales demostrativas durante las gestiones agrícolas 2005 – 2006 y 2006 – 2007 en Patacamaya (17°16'S, 67°57'O, 3799 msnm) ubicadas en el altiplano central semiárido de Bolivia. Las parcelas fueron representativas para las condiciones agrícolas locales y de fertilidad. Se trabajó con quinoa var. Santa María (dens. 8 kg/ha). Se aplicaron tres tratamientos de riego en ambas gestiones agrícolas. En 2005–2006, fueron: secano (S), riego completo (RC) y riego deficitario (RD) aplicando riego durante las etapas fenológicas susceptibles a la sequía (Geerts *et al*., 2006b). En 2006 – 2007, se emplearon tres estrategias de riego deficitario (RD1, RD2 y RD3). Para estudiar el efecto de la sequía sobre el desarrollo fenológico, en la gestión 2005 – 2006 la quinua fue sembrada en tres fechas diferentes (Cuadro 1).

Cuadro 1.
Aplicación de riego y especificaciones del experimento de campo bajo condiciones de secano (S), riego deficitario (RD) o con riego completo (RC).

Código	Tratamiento	Momento de aplicación adicional de riego	Fecha de siembra
Gestión agrícola 2005 – 2006			
T1	RC	A través de todo el ciclo	07/10/2005
T2	RD	E, F, G	07/10/2005
T3	S	Ninguno	07/10/2005
T4	RC	A través de todo el ciclo	21/10/2005
T5	RD	E, F, G	21/10/2005
T6	S	Ninguno	21/10/2005
T7	RC	A través de todo el ciclo	09/11/2005
T8	RD	E, F, G	09/11/2005
T9	S	Ninguno	09/11/2005
Gestión agrícola 2006 – 2007			
T1	RD	E	22/10/2006
T2	RD	E, F, G	22/10/2006
T3	RD	E, PF, F, G	22/10/2006

[a] E: establecimiento; PF: pre-floración; F: floración; G:llenado de grano.

Se registraron datos meteorológicos diarios de una estación automática próxima al campo experimental. La evapotranspiración de referencia fue calculada diariamente con la ecuación FAO-Penman-Monteith (Allen *et al*., 1998). Se determinó el contenido de agua en el suelo a capacidad de campo y punto de marchitez permanente. El contenido de agua en el suelo fue monitoreado semanalmente utilizando el método gravimétrico (2005 – 2006) o una prueba de TDR. Las etapas fenológicas germinación, primera antesis y madurez fisiológica fueron definidas en base a los indicadores detallados por Espindola (1980). Para cada tratamiento, el tiempo desde la siembra hasta la antesis (TA) y desde la siembra hasta la madurez fisiológica (TM) fue expresado en días calendario y en GDD tomando en cuenta las sugerencias de McMaster y Wilhelm (1997) con una temperatura base de 1°C. Para describir el crecimiento de la planta se utilizó el índice de área foliar (LAI) medido quincenalmente utilizando el interceptrómetro de radiación AccuPAR LP80.

La transpiración real del cultivo (Ta) fue calculada en base al balance hídrico diario del suelo considerando a la zona radicular como un reservorio de agua asumiendo los ingresos como precipitación y riego y las pérdidas como evapotranspiración. Se utilizó el tipo de enfoque de Ritchie, (1972), estandarizado para las condiciones físicas locales de suelo, para estimar la evaporación real del suelo luego de que el mismo ha sido humedecido por la lluvia o riego. Para comparación, la transpiración de cultivo bajo con-

diciones de una aplicación eficiente de riego (Tc) fue evaluada utilizando el método Kc x ETo (Allen *et al*., 1998). Mientras que el contenido de Agua Fácilmente Disponible del suelo (AFD) no se agota de la zona radicular, Ta es igual a Tc. Se considera a AFD como el 61% del Agua Disponible Total (ADT) (Garcia, 2003). Una vez que AFD se agota, el contenido de agua en la zona radicular cae por debajo del nivel del umbral permisible y se inicia el estrés hídrico (Ta < Tc). El factor de estrés hídrico Ks, describe este efecto sobre la transpiración real de la planta en función del ADT. Cuando el contenido de agua en el suelo se encuentra dentro de los límites de AFD, Ks es 1 y Tc es igual a Ta. Cuando el agua fácilmente disponible se agota, Ks decrece gradualmente a 0 que equivale al punto de marchitez permanente. Luego, se obtiene Ta multiplicando Tc por el factor de estrés hídrico Ks (Allen *et al*., 1998).

Se obtuvieron valores diarios de Kc bajo el supuesto de proporcionalidad entre Kc y la cobertura vegetal (CC) tal como lo describen Steduto *et al*. (2006) y Raes *et al*. (2006). Para determinar el valor de cobertura vegetal de la medición del área foliar, fue utilizada la ecuación tipo Ritchie:

$$CC = 1 - f\, e^{-cLAI} \qquad (1)$$

donde CC es la cobertura vegetal (fracción) y LAI es el índice de área foliar. Por comparación de los valores medidos de CC y LAI en las parcelas experimentales de Patacamaya para la gestión 2005-2006, la Ecuación (1) fue calibrada para el cultivo de quinua bajo el sistema de siembra por surcos utilizando valores empíricos para los factores c = 0.7 y f =1. Para evaluar el efecto del estrés hídrico antes de la antesis, se evaluó el estrés hídrico utilizando tres diferentes indicadores de estrés durante los 60 primeros días después de la siembra (DDS). El límite de 60 DDS se seleccionó debido a que el menor tiempo observado para la antesis de la variedad considerada fue 66. Para que tanto el indicador de estrés hídrico como el modelo obtenido sean lo más genéricos posible, se ha seleccionado el tiempo de 60 DDS para futuros propósitos de modelación en lugar de considerar el estrés hídrico total hasta el tiempo de la floración.

Los indicadores de estrés considerados fueron:

- Número de días que el AFD no fue completamente agotado de la zona radicular (ΣD);
- Transpiración relativa media (Ta/Tc)
- Suma de la transpiración diaria real, estandarizada por la evapotranspiración de referencia (Σ(Ta/ETo)) siguiendo lo expuesto por Steduto *et al*. (2007).

Se utilizaron los resultados de los tratamientos 2005–2006, para obtener las regresiones entre los indicadores de estrés hídrico, TA en días calendario y GDD. Los resultados de 2006-2007 se usaron para validar las regresiones obtenidas. Como complementación, se obtuvieron regresiones entre los indicadores de estrés hídrico y TM. La calidad del ajuste de las relaciones derivadas fue evaluada en base al coeficiente de determinación (R^2), la raíz del cuadrado medio del error (RCME) en valor absoluto o relativo a la media y el indicador de eficiencia de Nash (EF) descrito por Loague y Green (1991).

Resultados y discusión

Correlación entre estrés hídrico y tiempo a la antesis

La comparación entre el contenido de agua en el suelo (CAS) medido y los valores simulados mostraron valores altos de R^2 en un rango entre 0.59 y 0.85 y los valores de eficiencia de Nash se presentaron entre 0.46 y 0.81 a excepción de uno de los tratamientos (T1, 2005-2006) para el cual se obtuvo un valor de ajuste algo bajo (R^2 0.40; Nash 0.32). En general, estos valores significan que los estimados de Ta y la transpiración relativa (Ta/Tc) son confiables. El Cuadro 2 presenta el promedio de la relación Ta/Tc para los diferentes tratamientos hasta 60 DDS y para el total del ciclo de cultivo. Los valores de transpiración relativa reflejan el estrés hídrico ocurrido para cada tratamiento. El estrés hídrico ocurrido en el tratamiento RC se produjo probablemente debido a la poca capacidad de almacenamiento de la parte superior de la zona radicular.

Cuadro 2.
Transpiración relativa (Ta/Tc) para diferentes tratamientos para los 60 primeros días después de la siembra y para el ciclo productivo completo.

Código	Tratamiento	Ta/Tc: transpiración relativa (%)	
		a 60 DDS	a la Cosecha
Gestión agrícola 2005 – 2006			
T1	RC	87	80
T2	RD	68	75
T3	S	53	57
T4	RC	81	86
T5	RD	67	72
T6	S	30	45
T7	RC	85	80
T8	RD	70	68
T9	S	55	54
Gestión agrícola 2006 – 2007			
T1	RD	68	61
T2	RD	71	71
T3	RD	76	74

Con respecto a los tratamientos de riego completo, el estrés hídrico incrementó TA hasta en 30 días, o hasta 300 GDD. La Figura 1 y el Cuadro 3 presentan las regresiones entre los tres indicadores de estrés hídrico considerados y TA. Todos los indicadores, ΣD, Ta/Tc y Σ(Ta/ETo), dieron correlaciones excelentes con el desarrollo fenológico.

En general las correlaciones entre los indicadores de estrés hídrico y el desarrollo fenológico son significativas tanto para Días Calendario como para el periodo de acumulación térmica lo cual hace de las correlaciones obtenidas útiles para modelos que simulen desarrollo fenológico con días calendario o GDD. Sin embargo, la validación de las mismas con los resultados de las parcelas implementadas en 2006-2007 (Figura 1, triángulos) indica que las correlaciones son mejores para el periodo de acumulación térmica que para Días Calendario (RMSE de 2-3% para acumulación térmica vs. 7-8% para Días Calendario, para todos los indicadores). Probablemente estos resultados se deban a la ocurrencia de un año Niño (Vuille, 1999; Garreaud *et al*., 2003) ocurrido durante la gestión agrícola 2006-2007, habiéndose registrado altas temperaturas en el altiplano boliviano que podrían haber acelerado el desarrollo del cultivo.

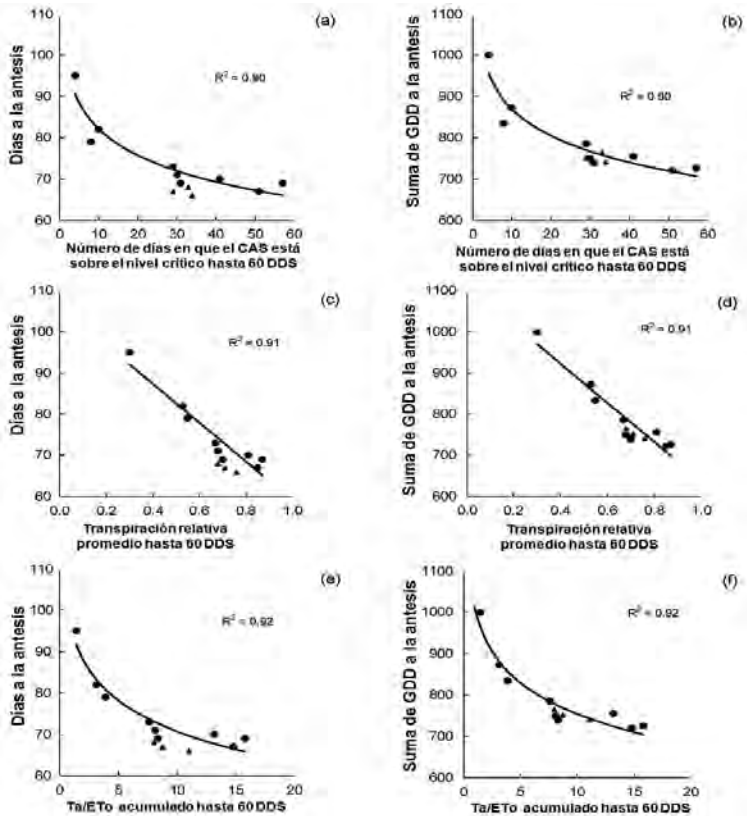


Figura 1.

(a-f) Regresiones entre tiempo a la antesis (en días y GDD) y (a y b) número de días con contenido de agua en el suelo (CAS) por encima del punto crítico de (1-0,61 ADT) a 60 DDS, (c y d) transpiración promedio relativa a 60 DDS, y (e y f) acumulada (Ta/ETo) a 60 DDS. Los círculos corresponden a tratamientos en 2005-2006 (establecimiento de la correlación), y los triángulos para los tratamientos 2006-2007 usados para validación.

A pesar de que los tres indicadores de estrés hídrico ΣD, Ta/Tc y Σ(Ta/ETo) tienen alta correlación con Ta (Cuadro 3), se ha seleccionado a Σ(Ta/ETo) como indicador, porque:

- La naturaleza discontinua del primer indicador (ΣD) (1/0) podría resultar en una sobre estimación de los eventos en los cuales SWC se acerque al umbral permisible;
- La relación logarítmica de $\Sigma(T_a/ETo)$ en comparación a T_a/T_c describe mejor el efecto creciente del estrés hídrico sobre el desarrollo fenológico cuando T_a alcanza valores bajos. El estrés hídrico moderado (RD) o nulo (RC) tienen un pequeño efecto sobre la fenología, mientras que mucho estrés hídrico (S), provoca un fuerte incremento de TA;
- La normalización del indicador $\Sigma(T_a/ETo)$ que considera el efecto climático (ETo) lo hace aplicable en regiones con diferente poder de evaporación de la atmósfera;
- Como resultado del comportamiento conservativo de la productividad hídrica de la biomasa (Steduto *et al*., 2007), $\Sigma(T_a/ETo)$ es proporcional con la biomasa aérea total a 60 DDS lo cual hace que el indicador pueda ser observado in situ.

De la Figura 1, se puede plantear la hipótesis de que por debajo de un umbral de estrés hídrico, no existe efecto alguno sobre el desarrollo fenológico de la quinua. Esto podría teóricamente producir un tipo de curva cortada. Sin embargo, es muy complicado obtener este umbral y podría, además, tener cierto rango de error. Un modelo logarítmico con una forma relativamente horizontal para cero para niveles de estrés moderado, se constituye en una forma más continua para evaluar el efecto del estrés hídrico en la pre antesis sobre el desarrollo fenológico.

Cuadro 3.

Regresión y ajuste del modelo (para n =9) (R^2 es el coef. de determinación, RMSE es la raíz del cuadrado medio del error y EF es el coeficiente de eficiencia de Nash) de los indicadores de estrés hídrico ΣD (número de días con contenido de agua en el suelo por encima del punto crítico de (1-0.61 ADT) a 60 días. T_a/T_c (transpiración relativa media a 60 DDS) y Σ(Ta/ETo) (Ta/ETo acumulada a 60 DDS) con el tiempo de antesis (TA) y madurez fisiológica (TM), expresada en días calendario y GDD.

Indicador de estrés hídrico	Relación de regresión (días)	R^2	RMSE	EF
∑D	TA = 103.3–9.2 Ln (∑D)	0.90	2.7	0.90
∑Ta/Tc (Ta/ETo)	TA = 106.2–47.2 (Ta/Tc)	0.91	2.6	0.91
∑ (Ta/ETo)	TA = 95.5–10.7 Ln (∑ (Ta/ETo))	0.92	2.3	0.92
		0.89	3.7	0.89
∑D	TM = 186.4–14.18 Ln (∑ (Ta/ETo)) Relación de			
Ta/Tc	regresión (GDD)		27.8	0.90
∑ (Ta/ETo)	TA = 1084.6–93.3 Ln (∑D)	0.90		0.91
∑(Ta/ETo)	TA = 1114.5–478.2 (Ta/Tc)	0.91	26.5	0.92
			24.0	0.89
	TA = 1005.1–108.9 Ln (∑ (Ta/ETo)) TM = 1916.9–	0.92	36.9	
	141.35 Ln (∑(Ta/ETo))	0.89		

Las relaciones propuestas deben ser verificadas para otras variedades de quinua ya que en zonas más áridas del altiplano sur de Bolivia, generalmente se cultivan variedades de ciclo más largo. Allá, se hace necesario un ajuste del período considerado de 60 DDS, como indicador para el cálculo del estrés hídrico. Sin embargo, los resultados de los experimentos de campo reportados en el presente artículo, indican que la mayor duración del ciclo de cultivo en el Sur podría parcialmente ser el resultado de un fuerte estrés hídrico ocurrido en esta región más árida. Ciertamente también existen diferencias genotípicas en el tiempo de madurez fisiológica bajo condiciones de no estrés (Bertero *et al*., 2004).

Extensión de la correlación al tiempo a madurez fisiológica (TM)

Como una posible extensión al modelo propuesto, se evaluaron las correlaciones entre los indicadores de estrés hídrico y TM. La Figura 2 y el Cuadro 3 presentan los resultados de estas correlaciones para los indicadores de estrés hídrico $\Sigma(T_a/ETo)$ a 60 DDS. Las correlaciones de éstos fueron más bajas para TM que para TA, debido al bajo valor de ajuste de modelo para TM de la validación de campo para la gestión 2006-2007 (Figura 2 y Figura 1, triángulos), sin embargo las correlaciones para 2005-2006 fueron elevadas. Las correlaciones menores con TM para la validación de campo indican algunos efectos confusos de las condiciones climáticas excepcionales luego de la antesis. En efecto, resultados preliminares (Huiza, 1994; García, 2003) mostraron que como efecto del déficit hídrico post-antesis el valor TM puede decrecer, lo cual es un efecto opuesto al déficit hídrico ocurrido durante la pre antesis. Para los experimentos de la gestión 2005-2006, las correlaciones de los indicadores de estrés hídrico con TA y TM, mostraron un ajuste de modelo similar debido a que durante la época lluviosa, las precipitaciones relativamente tuvieron una buena distribución luego de la antesis. De esta manera, el desarrollo fenológico en estos experimentos fueron afectados solamente por el estrés hídrico durante la pre-antesis. En la gestión 2006-2007, por el contrario, ocurrió un severo anegamiento y cierto estrés hídrico luego de la antesis causando alteraciones en las correlaciones con TM lo cual impide la cuantificación del efecto de estrés hídrico adicional de la post antesis. Sin embargo, los resultados de este estudio (2006-2007) así como los de Huiza (1994) y Garcia (2003) indican que el efecto de estrés hídrico en post antesis es menor al efecto creciente de la sequía pre antesis sobre la duración total del ciclo fenológico. Está claro que el estrés hídrico durante la post antesis debe ser cuantificado en experimentos separados para obtener el mejor modelo para determinar el efecto del estrés hídrico sobre la duración total del ciclo productivo.

El indicador $\Sigma(T_a/ETo)$ y en extensión, la biomasa aérea seca observable a 60 DDS (Steduto *et al.*, 2007) puede ser así un indicador de la duración del ciclo productivo esperada (TM) solo si el estrés hídrico por falta o exceso de agua durante la post antesis fuese limitado. Si se tiene una biomasa aérea baja a los 60 DDS, es muy posible que se observe el alargamiento del ciclo del cultivo. Sin embargo una biomasa aérea moderada a 60 DDS no debe considerarse como indicador de un claro incremento del ciclo de cultivo, debido a la naturaleza logarítmica de la correlación (Figura 1e) y f) y 2).

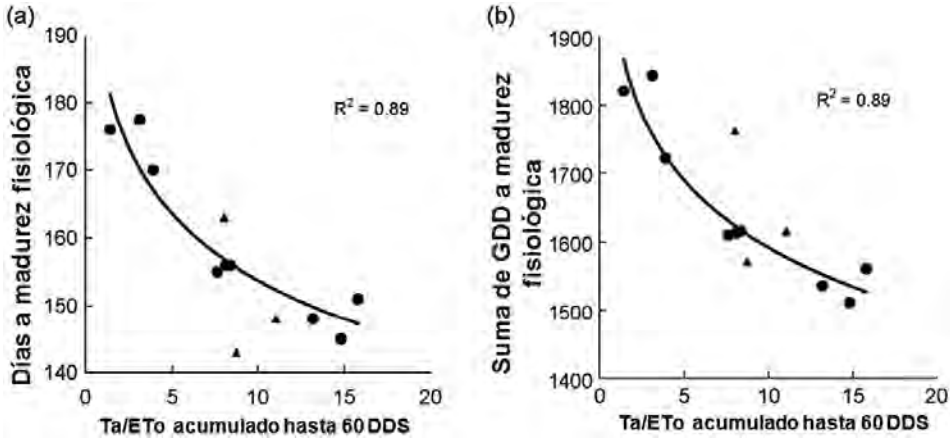


Figura 2.
(a y b) Relación de regresión (con indicadores de ajuste de modelo) entre el tiempo de madurez fisiológica en días (a) y GDD (b) y (T_d/ETo) acumulado hasta 60 DDS). Los círculos muestran los tratamientos 2005-2006 utilizados para establecer las regresiones, y los triángulos los tratamientos 2006-2007 utilizados para la validación.

Discusión sobre el mecanismo y la relación con otros cultivos

Aunque existe la necesidad de corroborar estos resultados, el claro efecto debido al estrés hídrico durante la pre antesis (desarrollo desacelerado pronunciado), así como el efecto del mismo durante la post antesis (leve aceleración de la madurez fisiológica) podría, por un lado ser observado como un mecanismo de adaptación de la planta para evitar los efectos de la sequía durante la floración (debido a la postergación de la post antesis) y la etapa de llenado de grano (por aceleración). Por otra parte, se ha determinado que para otros cultivos el período de floración está fuertemente relacionado con su crecimiento (Gross, 1981; Hirose y Kachi, 1982). Esto revela que el efecto del estrés hídrico sobre el desarrollo fenológico de la quinua es indirecto vía crecimiento. Entonces, como el estrés hídrico retarda el crecimiento en la quinua (Geerts *et al*., 2006b), este crecimiento desacelerado explicaría el retraso de la floración en zonas o años áridos. Experiencias de campo muestran que muchas variedades de quinua son capaces de tener algún rendimiento, independientemente de un tamaño crítico de planta para el desarrollo de la panícula. Esto ocurre luego de un considerable retraso de la floración, lo cual debe tomarse en cuenta. Esto indica que a pesar de que el efecto del estrés hídrico sobre la fenología de la planta puede ser claramente demostrado, aún se requieren mayores investigaciones acerca del mecanismo subyacente que determina la magnitud de este efecto y preferentemente en cultivares provenientes de diferentes latitudes (Bertero, 2001) y en el marco de separar la adaptación fenológica evolucionaría (de largo plazo) y fisiológica (corto plazo) (Hodges, 1991; Blum, 1996).

Si bien la comparación de quinua con otros cultivos es complicada debido a la particular combinación de radiación elevada, ocurrencia de heladas y aridez del altiplano boliviano, la respuesta fenológica de la quinua a las condiciones de sequía muestra alguna similitud con cereales que se desarrollan en los trópicos cálidos semiáridos. Donatelli *et al*. (1992) reporta para el sorgo un incremento en el tiempo térmico relativo derivado a partir de un umbral de estrés de 55% de transpiración relativa. En este estudio, la respuesta de la quinua parece ser más constante, aunque con una importante forma logarítmica. Farre y Faci (2006) reportan el retraso de la floración (7 y 17 días) y de la madurez fisiológica (5 y 12 días) respectivamente para los cultivos de maíz y sorgo debido a estrés hídrico durante la pre antesis. Abrech y Carberry (1993) también informan un retraso en la floración para el maíz bajo condiciones de estrés hídrico, pero solamente por 4 días. Por otro lado, McMaster y Wilhelm (2003) reportan un aceleramiento del desarrollo fenológico del maíz y la cebada tanto de la etapa de floración como de la madurez fisiológica en respuesta a la falta de agua (McMaster, 2004), pero establecen que la modelación de estos efectos es complicada debido a las interacciones medioambientales sobre el genotipo (McMaster *et al*., 2005) también mencionado para quinua (Bertero *et al*., 2004). Las respuestas de otros cultivos indican que el retraso en la floración en respuesta al estrés hídrico en pre antesis observado para la quinua no es excepcional en su existencia sí no más bien en su magnitud (fuerte relación logarítmica)

Aplicación práctica

El riego deficitario (RD) es una práctica valiosa para aplicarse al cultivo de quinua en regiones áridas (Garcia, 2003; Geerts *et al*., 2008 a, b) no solo para ahorrar agua pero también para ayudar a planificar el ciclo de cultivo en épocas favorables. En general, Oweis y Hachum (2006) mencionan un incremento sustancial en la productividad del agua en cereales y hortalizas si la técnica es aplicada adecuadamente en regiones áridas donde los recursos hídricos son escasos y la tenencia de tierra no es un factor limitante. Oweis *et al.* (1998) y Oweis y Hachum (2001) enfocan un mayor nivel de control sobre la época de siembra y el ciclo del cultivo (mayor independencia del clima) como una ventaja adicional del riego deficitario. Por otro lado, Debaeke y Aboudrare (2004) recapitulan que el productor debería combinar el manejo de diferentes estrategias, tales como la aplicación de riego deficitario, para combatir las condiciones de aridez e incrementar la productividad del agua. Ellos mencionan que entre otros factores, el uso del patrón estacional del agua debe ser optimizado entre la pre y post antesis. Este aspecto también ha sido mencionado para la quinua por Geerts *et al.* (2008a), habiéndose demostrado una relación significativa entre este patrón y el uso eficiente del agua.

El ciclo de quinua bajo riego deficitario se aproxima al valor normal de TA y TM. Esto se debe a la naturaleza logarítmica de la relación entre el estrés hídrico y el incremento del ciclo de cultivo. Por encima de un sustancial incremento de la productividad del agua para la quinua debido a la aplicación de riego deficitario (RD) (Geerts *et al.*, 2008),

la práctica del mismo también permitirá planificar las labores productivas y la concentración del ciclo de cultivo en un periodo óptimo libre de heladas. Más aún, en esta investigación se ha demostrado que el riego completo es redundante comparado con la aplicación de riego deficitario, para lograr mejorar la planificación agrícola.

Conclusiones

- Un estrés hídrico severo durante pre antesis puede resultar en un considerable incremento del tiempo a la antesis y a la madurez fisiológica. Un estrés hídrico moderado, parece no causar este efecto. Este hecho demuestra una alta plasticidad fenológica para quinua var. "Santa María" como un mecanismo de escape a la sequía. Aunque no se presenta una interacción completa entre estrés hídrico y tiempo termal para la quinoa, se ha podido cuantificar, bajo condiciones de campo, el desarrollo fenológico de la quinua en respuesta al estrés hídrico durante la antesis. El modelo propuesto debe ser validado para otras variedades de quinua así como para diferentes regiones. Además, el modelo puede ser mejorado considerando también el estrés hídrico durante post antesis. Las correlaciones obtenidas pueden ser mejoradas para la condiciones de manejo del cultivo en la región y la simulación del desarrollo del cultivo. El enfoque general y los indicadores de estrés hídrico, presentados en este artículo, han mostrado ser útiles para describir el desarrollo fenológico de cultivos tolerantes a la sequía y con alta flexibilidad fenológica.

Referencias citadas

Abrecht, D.G., Carberry, P.S., 1993. The influence of water deficit prior to tassel initiation on maize growth, development and yield. Field Crops Res. 31, 55–69.

Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M., 1998. Crop evapotranspiration—guidelines for calculating crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56. FAO, Rome, Italy.

Azam-Ali, S.N., Squire, G.R., 2002. Principles of Tropical Agronomy. CABI Publishing, Wallingford, UK.

Bertero, H.D., 2001. Effects of photoperiod, temperature and radiation on the rate of leaf appearance in quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) under field conditions. Ann. Bot. 87, 495–502.

Bertero, H.D., de la Vega, A.J., Correa, G., Jacobsen, S.E., Mujica, A., 2004. Genotype and genotype-by-environment interaction effects for grain yield and grain size of quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) as revealed by pattern analysis of international multi-environment trials. Field Crops Res. 89, 299–318.

Debaeke, P., Aboudrare, A., 2004. Adaptation of crop management to water-limited environments: water limited agriculture. Eur. J. Agron. 21, 433–446.

Donatelli, M., Hammer, G.L., Vanderlip, R.L., 1992. Genotype and water limitation effects on phenology, growth and transpiration efficiency in grain sorghum. Crop Sci. 32, 781–786.

Espindola, G., 1980. Estudio de componentes directos e indirectos del rendimiento en quinua (Chenopodium quinoa Willd.). Tesis de Grado, Facultad de Ciencias Agricolas y Pecuarias 'Martin Cardenas', Cochabamba, Bolivia.

Farre, I., Faci, J.M., 2006. Comparative response of maize (Zea mays L,) and sorghum (Sorghum bicolor L. Moench) to deficit irrigation in a Mediterranean environment. Agric. Water Manage. 83, 135–143.

Garcia, M., 2003. Agroclimatic study and drought resistance analysis of quinoa for an irrigation strategy in the Bolivian Altiplano. Dissertationes de Agricultura, Faculty of Applied Biological Sciences, K.U. Leuven, Belgium, p. 556.

Garreaud, R., Vuille, M., Clement, A.C., 2003. The climate of the Altiplano: observed current conditions and mechanisms of past changes. Palaeogeogr. Palaeocl. 194, 5–22.

Geerts, S., Raes, D., Garcia, M., Del Castillo, C., Buytaert, W., 2006a. Agro-climatic suitability mapping for crop production in the Bolivian Altiplano: a case study for quinoa. Agric. Forest Meteorol. 139, 399–412.

Geerts, S., Mamani, R.S., Garcia, M., Raes, D., 2006b. Response of quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) to differential drought stress in the Bolivian Altiplano: towards a deficit irrigation strategy within a water scarce region. In: Proceedings of the 1st International Symposium on Land and Water Management for Sustainable Irrigated Agriculture, Adana, Turkey. CD-rom.

Geerts, S., Raes, D., Garcia, M., Vacher, J., Mamani, R., Mendoza, J., Huanca, R., Morales, B., Miranda, R., Cusicanqui, J., Taboada, C., 2008a. Introducing deficit irrigation to stabilize yields of quinoa (Chenopodium quinoa Willd.). Eur. J. Agron. 28, 427–436.

Geerts, S., Raes, D., Garcia, M., Condori, O., Mamani, J., Miranda, R., Cusicanqui, J., Taboada, C., Vacher, J., 2008b. Could deficit irrigation be a sustainable practice for quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) in the Southern Bolivian Altiplano? Agric. Water Manage. doi:10.1016/j.agwat.2008.02.012.

Gross, K.L., 1981. Predictions of fate from rosette size in four "biennial" plant species: Verbascum thapsus, Oenothera biennis, Daucus carota, and Tragopogon dubius. Oecologia, 48, 209–213.

Hirose, T., Kachi, N., 1982. Critical plant size for flowering in biennials with special reference to their distribution in a sand dune system. Oecologia, 55, 281-284.

Hodges, T., 1991. Chapter 3: temperature and water stress effects on phenology. In: Hodges, T. (Ed.), Predicting Crop Phenology. CRC Press, Boca Raton, FL, USA, pp.7–14.

Huiza, Z., 1994. Efecto del deficit hídrico a marchitez intensa sobre el ritmo de crecimiento de la quinua (Chenopodium quinoa Willd.). Tesis de grado de la Facultad de Agronomía, UMSA, La Paz, Bolivia.

Jacobsen, S.E., Mujica, A., Jensen, C.R., 2003. The Resistance of Quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) to Adverse Abiotic Factors. Food Rev. Int. 19, 99–109.

Loague, K., Green, R.E., 1991. Statistical and graphical methods for evaluating solute transport models: overview and application. J. Contam. Hydrol. 7, 51–73.

McMaster, G.S., 2004. Simulating crop phenology. In: Fischer, T. *et al*. (Eds.), New directions for a diverse planet: Proceedings for the 4th International Crop Science Congress. Online at http://www.cropscience.org.au/icsc2004/poster/ 2/8/607_mcmaster.htm.

McMaster, G., Smika, D.E., 1988. Estimation and evaluation of winter wheat phenology in the central great plains. Agric. Forest Meteorol. 43, 1–18.

McMaster, G.S., Wilhelm, W.W., 1997. Growing degree-days: one equation, two interpretations. Agric. Forest Meteorol. 87, 291–300.

McMaster, G.S., Wilhelm, W.W., 2003. Phenological responses of wheat and barley to water and temperature: improving simulation models. J. Agric. Sci. 141, 129–147.

McMaster, G.S., Wilhelm, W.W., Frank, A.B., 2005. Developmental sequences for simulating crop phenology for water-limiting conditions. Aust. J. Agric. Res. 56,1277–1288.

Oweis, T., Hachum, A., 2001. Reducing peak supplemental irrigation demand by extending sowing dates. Agric. Water Manage. 50, 109–123.

Oweis, T., Hachum, A., 2006. Water harvesting and supplemental irrigation for improved water productivity of dry farming systems in West Asia and North Africa: special issue on water scarcity: challenges and opportunities for crop science. Agric. Water Manage. 80, 57–73.

Oweis, T., Pala, M., Ryan, J., 1998. Stabilizing rainfed wheat yields with supplemental irrigation and nitrogen in a Mediterranean climate. Agron. J. 90, 672–681.

Raes, D., Steduto, P., Hsiao, T.C., Fereres, E., 2006. Structure, algorithms and functionalities of the FAO crop-water productivity model AquaCrop. In: Proceedings of the 1st International Symposium on Land and Water Management for Sustainable Irrigated Agriculture, Adana, Turkey. CD-rom.

Ritchie, J.T., 1972. Model for predicting evaporation from a row crop with incomplete cover. Water Resour. Res. 8, 1204–1213.

Steduto, P., Fereres, E., Hsiao, T.C., Raes, D., 2006. Yield response to water": the FAO revision framework and the crop-water productivity model AquaCrop. In: Proceedings of the 1st International Symposium on Land and Water Management for Sustainable Irrigated Agriculture, Adana, Turkey. CD-rom.

Steduto, P., Hsiao, T.C., Fereres, E., 2007. On the conservative behavior of biomass water productivity. Irrigation Sci. 25, 189–207.

Vuille, M., 1999. Atmospheric circulation over the Bolivian Altiplano during dry and wet periods and extreme phases of the Southern Oscillation. Int. J. Climatol. 19, 1579–1600.

Yang, S., Logan, J., Coffey, D.L., 1995. Mathematical formulae for calculating the base temperature for growing degree days. Agric. Water Manage. 74, 61–74.

Análisis y sistematización de actividades sobre manejo integrado del cultivo de quinua realizado por diferentes instituciones en el Altiplano

Jaime Cossio

INIAF.

E-mail: j.cossio300@hotmail.com

Antecedentes

Uno de los cultivos de mayor importancia en el altiplano boliviano, tanto por su tolerancia a condiciones medioambientales extremas y por su alto valor nutritivo en la alimentación humana, es la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), cultivo que se encuentra ampliamente difundida en los departamentos de La Paz, Oruro y Potosí donde se encuentran las mayores superficies de producción.

En los alrededores de los salares de Coipasa y Uyuni se cultiva la quinua en forma extensiva y en muchos de los casos empleando tecnologías tradicionales las mismas que se traducen en bajos rendimiento y bajos ingresos económicos para las familias dedicadas a este cultivo.

Según la literatura consultada, la investigación en el cultivo de la quinua se inicio en 1954 dando énfasis a la obtención de nuevas variedades e incrementar los rendimientos.

A partir de 1965, con el apoyo de la Universidad de Oxford y la Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), se inicia un programa de apoyo a la investigación en el origen, botánica y genética de la quinua. Como resultados de estos trabajos de investigación después de siete años en la Estación Experimental Patacamaya se culmina exitosamente con la obtención de la variedad dulce "Sajama".

En 1975 se crea el Instituto de Tecnología Agropecuaria (IBTA) dando inicio a Programas nacionales de Generación y Transferencia de Tecnología en diferentes rubros. Entre ellos el programa nacional de la quinua que recibió apoyo del Centro Internacional

para el Desarrollo (CIID-Canadá) a través del convenio IBTA-CIID, 1977. En el marco de este convenio se programando tres fases. En la primera se enfatizó en aspectos de conservación de germoplasma, mejoramiento genético e investigación básica en agronomía, plagas y enfermedades. En la segunda fase la investigación se amplió a aspectos de manejo del cultivo con énfasis en la mecanización. En la tercera fase, se incluyó el estudio de los sistemas de producción de quinua.

A pesar de estos esfuerzos se puede ver que el nivel tecnológico en la producción de quinua en muchas zonas productoras es aun bajo a intermedio que repercute en los bajos rendimientos que no superan los 641 kg/ha. Si bien el volumen de producción se ha ido incrementando con el correr de los años, este se debe más bien a la expansión del cultivo hacia las zonas marginales.

Las investigaciones desarrolladas en torno al cultivo de la quinua no han sido adoptadas por los agricultores debido a varios factores, entre ellos se argumenta que los proceso de generación-validación y transferencia de tecnología para el cultivo de la quinua no han sido los mas adecuados, pues la tecnología ofertada tanto por los investigadores como por las instituciones no ha tomado en cuenta el contexto socioeconómico ambiental así mismo se menciona que existe una falta de difusión masiva de información tecnológica generada por algunas instituciones de investigación como ser el IBTA, CONPAC, PROQUIPO, Universidades, ONGs, que podrían coadyuvar a una producción sostenible.

En tal sentido el tener sistematizado los trabajos de investigación desarrollados por instituciones de investigación, universidades y otros proyectos nos permiten tener una idea clara de que investigaciones y/o trabajos han sido desarrollados y cuales tienen una real aplicabilidad/replicabilidad o si necesitan algunos ajustes para adopción.

Objetivos

- Recopilar la información sobre trabajos de investigación realizados en el manejo integrado de cultivo de la quinua con énfasis en el altiplano sur (1998-2008).
- Sistematizar y analizar la información (documentos como tesis, informes técnicos e informes memoria, folletos y otros).

Metodología

La metodología empleada para la recopilación de información tuvo la siguiente secuencia:

Acopio de la información. En primera instancia se realizó una inventariación de las instituciones donde se podía conseguir información relacionada al tema quinua (especialmente informes de trabajos de investigación básica o aplicada y tesis de grado), posteriormente se hizo la recopilación de la información disponible en las bibliotecas de la Fundación PROINPA, de las Facultades de Agronomía de la Universidad Técnica

de Oruro (UTO-Oruro), Universidad Mayor de San Andrés (UMSA-La Paz), Universidad Autónoma Tomás Frías (UATF-Potosí) y Universidad Mayor de San Simón (UMSS-Cochabamba), biblioteca de la Casa de la Agricultura-IICA, Informes del Proyecto Quinua-IBTA, Proyecto PROQUISA y profesionales que disponen de información referida a la temática.

Organización de la información. Se diseñaron matrices que sirvieron para: a) elaborar la base de datos (BD) de la información existente en las bibliotecas y b) una matriz conteniendo la información resumida de los trabajos desarrollados que facilitaron el análisis de la información.

La base de datos contiene información referida a: autor, titulo, año y sigla topográfica o referencia para solicitar el documento de interés y también se presentan ordenados por áreas temáticas. Esta información se encuentra en versión electrónica.

En la matriz que contiene la información resumida de los trabajos de investigación se consigna información referida a: autor/institución, año, titulo del trabajo, que se hizo?, donde se hizo?, resultados sobresalientes y recomendaciones producto de la investigación.

Análisis de la información. Para el análisis de información generada se procedió al respectivo análisis y discusión de la información generada, la misma que estaba organizado en las siguientes áreas temáticas:

- Agronomía (Manejo Agronómico);
- Manejo de Suelos;
- Riegos;
- Fertilizantes (químicos y orgánicos);
- Manejo Integrado de Plagas (MIP);
- Cosecha y poscosecha;
- Implementos de labranza equipos y maquinarias;
- Almacenamiento.

En base a la información acopiada se procedió a realizar un análisis de la información existente por áreas temáticas, tecnologías desarrolladas. La información sistematizada está procesada por áreas temáticas con la información resaltante.

Resultados y discusión. Los resultados están sistematizados por áreas temáticas con el respectivo análisis de la información generada en investigaciones realizadas por el Ex IBTA, Proyecto Quinua en el período comprendido entre 1988 y 1998, la Fundación PROINPA, rubro granos altoandinos entre el 2000 al 2007 y otra información sobre Base de Datos de Investigaciones desarrolladas mediante tesis de grado en las facultades de agronomía de las Universidades de Oruro, Potosí, La Paz y Cochabamba.

Análisis de la información por área temática

Área temática*: Agronomía*

En esta área temática se ha revisado los trabajos realizados en aspectos referidos a la semilla, métodos de siembra con sistemas de riego, fertilizantes químicos y orgánicos, producción de semilla, estabilidad de ecotipos, densidad y profundidades de siembra, métodos de labranza, tolerancia a heladas, transplante de la quinua, época de corte de las plantas y sistemas de trilla.

Todas las tecnologías generadas buscan en alguna manera mejorar la productividad de la producción de quinua.

a) Semilla

En los trabajos analizados existen estudios sobre el comportamiento de las semillas e indican que para la obtención de una semilla de quinua de calidad las plantas deben llegar a la madurez fisiológica en lo posible sin que se presente ningún factor que altere el desarrollo normal de las plantas en la etapa indicada.

La producción de semilla de quinua de calidad continua siendo un desafió para productores de quinua, en el sentido de manejo de material que este relacionado al mercado de exportación y satisfacer las demandas de las agroindustrias.

En este ámbito se han realizado trabajos de investigación sobre la selección masal de semilla de quinua con las exigencias de tecnológicas de lograr una expresión de homogeneidad de las características agronómicas, particularmente en el color de la planta, color del grano, habito de crecimiento, tipo de panoja y madurez fisiológica uniforme en la cosecha.

b) Estabilidad fenotípica

El estudio de estabilidad fenotípica de los ecotipos y/o variedades de quinua real permite conocer su verdadera potencialidad en zonas diferentes y en varios años agrícolas, una investigación realizada por Quispe A. (1995) menciona que la Real Blanca, la Toledo y Achachino presentan características estables para condiciones de Salinas de Garci Mendoza (Oruro) y Mañica (Potosí). Sin embargo se requieren más estudios que determinen la estabilidad fenotipica de los ecotipos más comerciales, y conocer la potencialidad particular de cada ecotipo, como se practica en la actualidad con la siembra masiva del ecotipo Toledo en la Provincia Ladislao Cabrera del departamento de Oruro.

c) Preparación de terreno

Se realizaron pruebas de roturación o laboreo de suelos con distintos equipos, entre ellos arado de disco y arado de cincel, se evaluó la fluctuación de humedad y profundidad de la misma para un desarrollo optimo de los cultivares, grados de erosión, pero lo más sobresaliente fue la determinación en cuanto a rendimiento la misma que no mos-

traron que no existen diferencias significativas en suelos preparados con arado de disco y arado de cincel, hay reporte de las organizaciones de productores que se hicieron algunas pruebas con arado de cincel para la preparación de suelos, el IBTA en 1994 hizo una roturación de 20 hectáreas con arado de cincel "Kolliri", a pesar de estas pruebas no se pudo adoptar el arado de cincel y en la actualidad continua el uso generalizado del arado de de disco para roturación de suelos en el altiplano sur.

d) Labores culturales (fertilización, química orgánica, deshierbes)

Respecto a la fertilización en la quinua se pudo determinar que el nivel 40-00-00, Aroni G. (1990) y 80-00-00 (IBTA) 1990 (fertilización química nitrogenada) pueden incrementar rendimientos superiores a 50%. Muchos estudios inclusive han determinado que se debía fraccionar el fertilizante en el momento de la siembra y otro en la ocurrencia de la primera lluvia.

En cuanto al uso de fertilizantes foliares se reporta significancía en su aplicación con productos como Greenzit y Nitrofosca que reportan incrementos superiores a 30% cuando la aplicación del fertilizante se efectúa antes de la floración del cultivo.

En los estudios de fertilización orgánica se han determinado que es necesario incorporar abono orgánico en una cantidad de 3 a 10 tm de estiércol por hectárea (IBTA 1995), abonos elaborados como el compost y humus cantidades que varían entre 30 gr a 300 gr por hoyo.

Se han probado abonos orgánicos foliares como el Biol, Biotop, Abonofol, con resultados moderados respecto a su eficiencia, pero tienen el inconveniente que no se puede encontrar en el mercado disponibles para uso de los agricultores (no se tienen estudios serios sobre la eficiencia de los productos).

En el caso de obtener un producto bastante eficiente, se debe capacitar en la metodología de elaboración en la misma zona.

e) Incidencia de factores climáticos (heladas)

Según Ramos I. (1996) la accesión 2180 del Banco de Germoplasma de la quinua es la más tolerante a las heladas en un estudio que se realizó en la comunidad de Mañica, sin embargo no se hizo ningún seguimiento ni validación de este material.

La incidencia de la helada en el altiplano, es un factor que debe merecer mayor atención particularmente de productores de quinua e instituciones ligadas al rubro, porque su ocurrencia puede causar perdidas muy significativas en algunas campañas agrícolas.

f) La quinua como forraje

Cárdenas P. 1995 en Condoriri realizó un trabajo de investigación sobre el uso de la quinua para forraje y determino que la mejor época para rendimiento de materia verde es la comprendida desde, el inicio hasta el 50% de la floración y que la mejor densidad es la siembra de 12 kg/ha.

Por las características de rusticidad de la quinua puede ser aprovechada como forraje en épocas de baja precipitación pluvial en el altiplano sur.

g) Trasplante de quinua

Es necesario contar con tecnologías como el transplante de quinua cuando se presentan casos extremos de sequía en la siembra o problemas de baja germinación y otras como el tapado de las plántulas por efecto de vientos en el periodo de siembra.

Pero además se debe probar material de importancia comercial y que tenga aptitud para labores de transplante. Es una alternativa para completar el número de plantas por hectárea con variedades precoces.

Área temática*: Suelos riegos y fertilización*

Analizada la problemática existente en el área de la fertilización, suelos y riegos para el cultivo de quinua en el altiplano boliviano y retomando su estado sobre los aportes tecnológicos realizados en el tema por diversas instituciones e investigadores en los últimos treinta años, es posible valorar el significado de las experiencias ya efectuadas y proponer el desarrollo prioritario de investigaciones que contribuyan a superar limitaciones que aún afectan la productividad y rentabilidad del cultivo de quinua, derivadas de la fertilización, estudios de suelos y riegos.

a) Manejo de suelos

Producto del análisis de la información se ha podido establecer que se tiene 19 trabajos de investigación relacionados al tema suelo, donde el análisis de muestras es parte importante de la evaluación de la fertilidad de suelos, cuya función es caracterizar el estado y disponibilidad de nutrientes que serán utilizados por las plantas.

Esta herramienta de diagnóstico en los trabajos de investigación permite tomar decisiones para un manejo racional y eficiente de la fertilidad de los suelos en forma integral.

Los suelos del altiplano boliviano donde se cultiva quinua presentan distintas variaciones porque se ubican en diversos paisajes, predominando los terrenos en planicies y laderas.

Los estudios realizados indican que existe heterogeneidad en las clases texturales de suelos de francos a arenosos.

También se han realizado investigaciones referidas a tipos de erosión eólica e hídrica, lixiviación y la salinización de suelos.

Los resultados de la fertilidad de suelos presentan una variabilidad en la respuesta agronómica con los niveles actuales, se han validado indistintamente niveles hallados en otras condiciones de suelo, planta (variedades) y ambiente.

b) Riegos

En esta área temática se realizaron 22 trabajos de investigación básica relacionados a riego donde se determinó el uso consuntivo (balance hídrico en varias zonas para el cultivo de quinua), los coeficientes de cultivo (Kc), se calculó la evapotranspiración potencial en forma directa (lisímetros) e indirecta (datos de meteorología).

Estas investigaciones permitieron analizar el material genético para estudios a resistencia a la sequía, heladas, concentraciones salinas y la obtención de material genético.

Respecto a riego se tiene resultados preliminares para el altiplano central, en el altiplano sur no existen estudios hidrogeológicos.

Además existen limitaciones técnicas para la utilización eficiente del agua para riego esto debido a factores como la textura del suelo y la falta de fuentes de agua.

Los resultados de investigaciones para el riego suplementario concluyen que no es factible el uso de cisternas por los costos de transporte del agua (compra de cisternas y transporte de agua desde la fuente).

El riego por gravedad tropieza con el problema del requerimiento de altos volumen de agua para aplicar esto por las condiciones de los suelos (suelos arenosos) y el clima (alta radiación).

Se realizó estudios de riego por goteo y aspersión a nivel experimental donde se aprecia los altos costos de la implementación de los sistemas de riegos, pero por rendimientos reportados estos podrían cubrir los costos en tres ciclos agrícolas.

c) Fertilización (química y orgánica)

Como resultado de 64 trabajos de investigación se logró recomendaciones del nivel de nitrógeno en el altiplano sur con el nivel de 40-00-00 y en el altiplano central y norte con el nivel de 80-00-00.

En la década del 80 se inicia con los trabajos de investigación en fertilización química, abonos orgánicos y el uso de abonos foliares.

Se trabajo con niveles de fertilización, eficiencia de los fertilizantes químicos, las épocas de aplicación en función al desarrollo del cultivo (fase de desarrollo) especialmente en la fase de floración, ya sea fraccionado (50% siembra y 50% en la floración) y en algunos caso con el 100% del fertilizante en el momento de la siembra.

En la década del 90 adelante se realizan trabajos de investigación en dosis con abonos orgánicos como el estiércol de llama y oveja ya sea fresco, descompuesto, el uso de compost y humus de lombriz.

Para el caso de abono orgánico la recomendación fue de 10 t/ha de estiércol de llama o oveja incorporado en el momento de la preparación de suelos y 3 t/ha de compost o humus en la siembra lo que significa 300 g/hoyos donde se obtiene buenos rendimientos.

Las interpretaciones de los análisis de suelos que se realizaron indican que no existe deficiencia en fósforo y potasio en el suelo; y en muchos casos no correlacionan las respuestas agronómicas del cultivo.

No existe una calibración consistente de análisis de suelos muchas de la metodología de extracción no fueron homologadas.

En las investigaciones se ha comprobado que desbalances nutricionales con N, P y K afectan directamente la calidad y expresión del potencial genético del cultivo en diferentes zonas productoras de quinua (especialmente en el grano).

Los elementos relacionados con estos desordenes son principalmente elementos secundarios Mg, S y Ca y elementos menores como B, Mn, Zn y Cu, que generalmente aparecen deficientes y se estudio la eficiencia de fertilizantes foliares con dosis, épocas, productos, etc. para suplir estas deficiencias.

Pero la aplicación de estos últimos no cumple con las normas de producción orgánica, por lo tanto se debe trabajar con los bio fertilizantes como alternativa de bajo costo.

Con las interpretaciones del análisis de elementos de manera individual se incurre en errores de interpretación porque no se tienen presentes las relaciones iónicas, que determinan la mayor disposición y eficiencia de absorción del nutriente con un manejo oportuno del fertilizante.

En el caso de los cationes intercambiables, además de las concentraciones de elementos reportados del análisis, se debe tener en cuenta en el diagnóstico la saturación individual relacionada con la capacidad de intercambio catiónico (CIC), sin duda, integra las propiedades de intercambio con la especificidad y concentración de los cationes, factores generalmente regulados por el balance de elementos y equilibrio iónico. (Fijación y disponibilidad de los elementos).

La evaluación de la fertilidad no se realiza de manera integral, además se desconoce las respuestas y requerimientos de elementos secundarios y menores a nuestras condiciones. Se hace interpretación individual de elementos sin tener en cuenta las interacciones.

Es necesario el estudio de las disponibilidades del estiércol y el uso de activadores que puede ser una alternativa para acelerar la descomposición en la elaboración de compost y bio fertilizantes.

Área temática*: Manejo integrado de plagas*

Los resultados de la sistematización del área de Manejo Integrado de Plagas fue dividido en 11 subtemas y cuyo análisis se presenta a continuación.

a) Identificación de las plagas

La información generada en este tema ha permitido elaborar una lista de 17 especies de insectos que atacan al cultivo de la quinua, de los cuales 11 especies fueron identificadas hasta el nivel de especie y 6 solo hasta género.

Faltando en consecuencia la identificación de las 6 especies. Así mismo se hace notar que no existen las claves de identificación de campo para que los investigadores y agricultores puedan identificar a las diferentes especies en los recorridos de campo.

b) Daños ocasionados por las plagas

En este tema los daños ocasionados por las plagas fueron clasificados en directos e indirectos y los agricultores conocen la clase de daño que ocasionan las principales plagas del cultivo de la quinua.

c) Pérdidas ocasionadas por las plagas

Se encuentra bastante documentada las perdidas económicas ocasionadas por las ticonas y polillas y no así las perdidas ocasionadas por las otras plagas como el tunku turku, el pulgón, etc.

d) Evaluación de genotipos tolerantes o resistentes al ataque de plagas

No existen trabajos sobre este tema para el altiplano sur, se tienen tres trabajos de este tipo realizados a nivel de laboratorio.

e) Ciclo biológico de plagas

En este campo se han estudiado con algún detalle el ciclo biológico de la polilla de la quinua y de los ticonas en condiciones de laboratorio y no existen reportes sobre estudios del ciclo biológico de estas plagas en condiciones de campo. Tampoco existe estudio del ciclo biológico de las otras plagas.

f) Enemigos naturales de las plagas y porcentajes de parasitismo

Los documentos consultados muestran que son al menos 6 las especies de enemigos naturales que están controlando la polilla de la quinua en la zona de Salinas de Garci Mendoza. Estos enemigos naturales de la polilla de la quinua fueron identificados hasta el nivel de género, en consecuencia falta realizar estudios de identificación hasta especie así como estudiar sus ciclos biológicos para ver la factibilidad de su crianza y su potencial en el control de la polilla de la quinua.

g) Fluctuaciones poblacionales de las plagas de insectos que atacan a la quinua

La sistematización de los trabajos de investigación en este tema muestra que se hicieron trabajos de investigación sobre la fluctuación poblacional tanto de las larvas como de los insectos adultos de los ticona y polillas durante el ciclo vegetativo del cultivo pero no existen trabajos que muestren la fluctuación poblacional de las plagas durante un año calendario en consecuencia se recomienda realizar trabajos que cubran todo un año calendario para entender el comportamiento de las plagas en la época sin cultivo.

h) Control de plagas con extractos naturales y bioinsecticidas

Varios son los trabajos que evaluaron la eficiencia de los extractos de Muña blanca, Muña negra, Tabaco, Chinchircoma, Tusca tusca, Uma thola, Chachacoma, Agua de

tarwi, Molle, Cebolla, Ajo y Piretro en diferentes dosis, los resultados muestran que las eficiencias de los diferentes extractos son erráticos, diferencias que se deben principalmente a la forma de preparación, la hora de aplicación y las dosis, estos valores de eficiencia fluctúan entre un 20 a un 93%.

Motivo por el cual se recomienda una validación de los extractos que reportan la mayor eficiencia en al menos tres localidades.

Los bioinsecticidas evaluados en el control de las plagas del cultivo de la quinua fueron pocos, los dos productos mas evaluados fueron el Bacillus thuringiensis (Dipel) y el Baculovirus (Virus de la granulosis) con eficiencias que llegan hasta a un 70% en sus dosis mas altas que son consideradas antieconómicas por los estudios de beneficio costo.

i) Control de plagas con insecticidas

En este campo se realizó el mayor número de investigaciones y se evaluó una infinidad de insecticidas químicos y en diferentes dosis de aplicación y con diferentes criterios para medir la eficiencia de los productos y el momento oportuno de la aplicación.

En algunos casos se evaluó el efecto de la aplicación de los insecticidas sobre el rendimiento de la quinua.

En otras se ensayaban calendarios de aplicaciones y estas fechas eran consideradas como momentos oportunos de la aplicación y se media la eficiencia de los tratamientos comparando los rendimientos en grano.

En otros se evaluaba la eficiencia del insecticida contabilizando el número de insectos vivos antes y después de la aplicación de los insecticidas

Y en otras investigaciones se considera el momento óptimo de la aplicación cuando esta se realiza en el momento cuando el número de insectos ha llegado al nivel del daño económico.

j) Niveles de daño económico

Son aun incipientes los trabajos sobre el nivel de daño económico de las plagas del cultivo de la quinua, se tienen trabajos sobre el nivel de daño económico de la polilla de la quinua pero no se tienen trabajos sobre el nivel de daño económico de los ticonas.

k) Estrategias de control de plagas

En este campo son pocos los trabajos publicados, a la fecha se tiene una estrategia en proceso de validación para la producción de quinua orgánica consistente en la utilización de trampas luz, el muestreo y la evaluación de larvas y la aplicación del bioinsecticida Dipel cuando la población de larvas de polilla llegaron al nivel de daño económico, es decir a 5 larvas por planta en una muestra de de 20 plantas por hectárea.

Área temática: Maquinaria *(implementos de labranza, equipos y maquinarias)*

En está área se han realizado investigaciones acerca de alternativas mecanizadas para prácticas de siembra, labores culturales (fumigación), cosecha (métodos de corte) y post cosecha (trilla y venteo) del cultivo de la quinua.

Las investigaciones desarrolladas por el Proyecto Quinua del IBTA relacionadas al área temática se reportan desde el año 1987.

a) Implementos para la siembra

Las investigaciones en este tema evaluaron equipos de siembra, identificando a la sembradora "Satiri I" como un equipo recomendable para la siembra de quinua en condiciones de Altiplano Sur (trabaja sin dificultad en terrenos mal roturados y con pendientes de hasta 15%).

Este prototipo fue construido en 1980 la misma que es accionada a tracción motriz. Los resultados mostraron eficiencia de la siembra mecanizada con este implemento que tiene un rendimiento de 2.5 horas por hectárea.

b) Mochilas para fumigación

Se evaluaron equipos de fumigación como las mochilas ULVA para la aplicación de insecticidas para el control de plagas de la quinua, se comparó con la mochila Guarany.

Como recomendación técnica se establece que el uso de este equipo debe ser en horas de la mañana, en ausencia de vientos y con la aplicación de medidas adecuadas para el uso de pesticidas.

Área temática: *Cosecha y poscosecha*

La cosecha y poscosecha son labores importantes porque inciden directamente en la calidad comercial del grano de quinua.

a) Corte

Se han realizado muchos estudios sobre la importancia del corte de las plantas de quinua en la cosecha.

En las líneas de base establecidas con proyectos ejecutados en el marco de la Fundación para el Desarrollo Tecnológico Agropecuario del Altiplano (FDTA-Altiplano) en el altiplano sur indican que más del 80 % de los agricultores continúan con la práctica del arrancado de las plantas con lo que se sigue deteriorando los suelos y no se contribuye en nada a mejorar la calidad comercial del grano.

Muchos estudios han determinado que es importante la aplicación del corte en la cosecha de la quinua depende del contenido de humedad del grano en la maduración fisiológica, para aplicar el corte con azadón, hoz y segadora mecánica.

El corte de las plantas de quinua en la cosecha, corresponde a una práctica que depende del ciclo del cultivo, la madurez fisiológica en las plantas y otros factores como los climáticos estos pueden ser acelerados y retardados. También las características genotípicas influyen en esta etapa del cultivo.

En el altiplano sur a mediados de la década de los 90 se intensifican los esfuerzos en practicas de cosecha y pos cosecha, para lo cual se evaluaron diferentes métodos de corte, emparve, trilla y venteo.

b) Emparve

Las investigaciones han evaluado diferentes métodos de emparve. Se observó en estas investigaciones por ejemplo que en el sistema de emparve de "Arcos" se registra menor ataque de roedores. Se obtuvieron mejores respuestas de calidad de grano, mayor rendimiento y ganancia económica con la utilización de segadoras de corte.

La época de corte recomendada es de 210 días post madurez fisiológica cuando el contenido de humedad de panoja y grano es óptimo (entre 25-30% en variedades como la Blanca real y Pandela rosada).

Además las investigaciones recomiendan el corte con el uso de hoces o segadoras ya que se reducen considerablemente los porcentajes de impurezas, aumentando así la eficiencia del proceso de trilla.

Sin embargo, algunos estudios realizados hicieron notar la falta de hábito y herramientas para realizar el corte en la cosecha (con hoz o segadora).

c) Trilla

En cuanto a la trilla los trabajos de investigación han logrado determinar la eficiencia de dos prototipos de trilladoras como la Vencedora, Alvan Blash, en comparación con la trilla semimecanizada trilladora a pedal.

En la década de los años 90 se evaluaron distintas alternativas de trilla, identificando y recomendando el uso de la trilladora estacionaria tipo "Vencedora" porque en las evaluaciones realizadas presenta mayor eficiencia y capacidad de trilla, se emplea menores tiempos y costos de ejecución así como mayores tasas de retorno.

En el altiplano sur, solamente se ha podido incorporar las Vencedoras en algunas organizaciones de productores el proceso productivo de la quinua, porque son inaccesibles para el productor individual por el precio.

Otras investigaciones realizaron en torno a la trilladora "Vencedora" esta referida a ajustes y adecuaciones para este equipo, logrando incrementar la eficiencia y limpieza del material y determinando recomendaciones para optimizar el funcionamiento de la trilladora en aspectos de ubicación del equipo (lugares planos y contra viento), forma de alimentación (constante) y de mantenimiento (mantenimiento de zaranda y ajuste de accesorios periódicos).

Por otra parte se evaluaron algunos ecotipos de quinua real respectos a su comportamiento a la trilla mecanizada, determinándose que las quinuas de grano blanco se comportan mejor y con mayores rendimientos, mientras que los ecotipos de color presentaron mayor resistencia a la fricción y bloqueo en el sistema de ventilación.

Las investigaciones concluyen que la trilla mecanizada aumenta el rendimiento y eficiencia del venteo reduciendo el grado de impurezas comparativamente con la modalidad que utiliza el apisonado con tractor.

También hay un avance en aspectos colaterales de la trilla como el reemplazo de la "Tacta" por una plataforma cubierto de lona que mejora la calidad de grano y es más versátil que la anterior.

Finalmente podemos mencionar que se han realizado trabajos con la intervención del proyecto FAO Post cosecha a fines de la década de los 90 y la Fundación PROINPA a partir del 2002, respecto a nuevas modalidades sobre disminución la contaminación del grano de quinua en la cosecha y post cosecha, habiendo destacado la trilla directa, como una alternativa que basa su practica en la trilla de la quinua cuando el grano tiene entre un 10 a 12% de humedad en la panoja, y el corte y la trilla se realiza el mismo día evitando en lo posible el contacto de las plantas cortadas con el suelo.

Área temática: *Almacenamiento*

Esta temática ha sido la menos atendida por la investigación, a partir del 1998 mediante el Proyecto POSCOSECHA MAGDER/FAO/HOLANDA, se promovió Tecnologías para la poscosecha campesina y para la agroindustria rural familiar, mediante el proyecto se diseño y valido silos metálicos para:

a) Semilla;

b) Grano autoconsumo;

c) Grano destinado a la venta.

En el 2003 se desarrollo un trabajo de tesis intitulado "Manejo y uso de silos de almacenamiento en el municipio de Salinas de Garci Mendoza" bajo el auspicio del Proyecto Quinua Salinas dependiente de la Prefectura de Oruro en convenio con el SEDAG.

Sin embargo existe tecnologías tradicionales de sistemas de almacenamiento y otras iniciativas para mejorar la infraestructura de los almacenes como son los silos "tipo casa" y "tipo Bunker" que últimamente están siendo promocionados por instituciones privadas los mismos que deben ser estudiados para posterior evaluación y validación para el uso masivo a nivel de los productores de quinua.

Conclusiones

- Debido a la limitada acción institucional para abordar la investigación del cultivo de quinua en Bolivia, cualquier esfuerzo en ciencia y tecnología que conduzca a

modernizar el manejo del cultivo debe contar con la participación responsable, consensuada y comprometida de todos los actores eslabones de la cadena tanto públicos como privados: Ministerio de Agricultura, Prefecturas y Municipios, cooperación Técnica Internacional, Instituciones de promoción, investigación desarrollo y apoyo (Fundaciones y ONGs), el sector académico (Universidades, Institutos técnicos), sector agroindustrial (procesadoras, empresas exportadoras y fabricantes de maquinarias), organización de base del sector de productores, cámaras de productores y exportadores.

- Respecto a los trabajos de investigación en manejo integrado del cultivo (proceso productivo), suelos, plagas, riegos, certificación orgánica debe ser una tarea concertada, sometida al análisis y decisión de una planificación a corto mediano y largo plazo donde se priorice las necesidades de investigación, en respuesta a los limitantes de mayor impacto.
- La mayoría de los resultados obtenidos en la investigación agrícola realizada por las distintas entidades no son adoptados por los agricultores. Esto se debe, probablemente, a la carencia de estrategias efectivas de difusión y desde luego se traduce en prácticas inadecuadas de manejo integrado del cultivo, sistemas de labranza no apropiados, uso indiscriminado de insumos, altos costos de producción
- En el presente informe por las características no se incluye el análisis de temas relacionados al efecto del lavado en el contenido de proteína, extracción de nutrientes y subproductos de la quinua como suplemento alimenticio, estudios de determinación, reducción y extracción de saponinas y sus aplicaciones industriales
- Estudios y documentación en general acerca de aspectos de industrialización del producto como los "Estudios de factibilidad para la producción agroindustrial" desarrollados por la Corporación de Desarrollo de Oruro (CORDEOR), Cursos de Agroindustria, Estrategias para impulsar el procesamiento definidas por el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), organización de centros de acopio de quinua en otros países como Perú (Puno).

Recomendaciones

- Es de mucha importancia considerar un manejo más racional de los suelos para la producción de quinua en el altiplano sur, para esto es importante la evaluación de estrategias de manejo de suelos que comprenda:
  - Validación de equipos que disminuyan la erosión en la preparación de suelos.
  - En la recuperación de suelos se debe considerar el abonamiento orgánico con la combinación de incorporación de estiércol + siembra de tarwi + rastrojos + descanso.

  - En zonas donde existe poca oferta de estiércol considerar la siembra de abonos verdes antes de la preparación de suelos.
  - En zonas donde las posibilidades de obtener estiércol son mínimas se deben implementar formas conocidas de preparación de compost, humus, biol, etc.

- Se deben estudiar estabilidad fenotipica de los principales ecotipos y variedades de quinua que tenga importancia comercial en una zona para aprovechar adecuadamente su potencialidad en toda la región intersalar.
- La revalorización de los usos de los diferentes ecotipos de quinua en el altiplano sur puede servir de referencia para iniciar una multiplicación masiva de ecotipos y permitir una mejor diversificación de la agroindustria de la quinua.
- Se debe iniciar trabajos de investigación de producción de semilla de quinua orgánica, para permitir el uso de este material en la producción de quinua orgánica destinada para el mercado de exportación.
- Para encarar el cambio climático tan evidente en el altiplano sur se debe continuar con la multiplicación de los ecotipos precoces como la Mañiqueña, Canchís, accesión 2187 y otras accesiones líneas y ecotipos de ciclo vegetativo precoz.
- Se debe estudiar las potencialidades de las especies de leguminosas en el altiplano sur para incorporarlas como abono verde en el proceso productivo de la quinua.
- En la cosecha se debe continuar con la promoción de segadoras para el corte de la quinua en combinación con ecotipos y variedades que tengan características agronómicas promisorias además lo más importante hábito de crecimiento simple que permite la mecanización de la cosecha.
- En la parte de cosecha como una solución a los problemas de contaminación de granos y dejar residuos de cosecha, sería el uso de trilladoras combinadas de dos surcos.
- Es necesario estudiar la variabilidad espacial de la fertilidad en suelos.
- Los estudios realizados indican que los productores han adoptando tecnologías para mejorar la productividad de sus cultivos (particularmente quinua), pero esto ha tenido consecuencias en el grado de deterioro del suelo (incremento de la frontera agrícola).
- El uso indiscriminado de la maquinaria agrícola ha contribuido a un deterioro acelerado de los suelos especialmente en la zona de planicie en el altiplano sur.
- Muchos estudios concluyen que es prioritario el manejo de los suelos con un enfoque de agricultura sostenible, que son: la conservación del recurso suelo, mayor eficiencia en el uso del agua, la diversificación en los productos que se extraen del sistema agropecuario y el mantenimiento natural de la fertilidad del suelo.

Sanidad Vegetal

Desarrollo de biofungicidas en base a extractos de plantas para el control del Mildiu (*Peronospora variabilis)* de la quinua

Rocío Mendez[1]; Giovanna Plata[1]; Antonio Gandarillas[1]; Bernardo López[2]; Nelson Hinojosa[2].

[1] Fundación PROINPA.

[2]Centro de Tecnología Agroindustrial, Universidad Mayor de San Simón.

E-mail: g.plata@proinpa.org

Resumen

La quinua ***(Chenopodium quinoa),*** es un cultivo muy nutritivo y se cultiva bajo condiciones adversas de clima y suelo. La producción de quinua se ve afectada por diversos factores, uno de ellos es el ataque del mildiu ocasionado por ***Peronospora variabilis.*** Dependiendo de la fase de desarrollo del cultivo las pérdidas pueden alcanzar hasta el 50%. Con el propósito de desarrollar alternativas de manejo orgánicas, se ha procedido a obtener extractos de plantas por hidrodestilación. Las plantas utilizadas fueron: papaya, ortiga, manzanilla, cola de caballo, té verde y wira wira. ***P. variabilis*** es un patógeno obligado, las pruebas preliminares de selección se realizó en invernadero empleando una variedad susceptible, sembrando de 5 a 10 semillas por maceta que al alcanzar una altura entre 10 a 15 cm (más de cuatro hojas verdaderas) se inoculó artificialmente con inóculo colectado en Oruro. Los foliolos enfermos fueron lavados con agua destilada estéril, se filtró y concentró a $1x10^5$ esporangios/ml. Con un gotero se inocularon tres hojas/planta, cada planta fue colocada durante 24 horas dentro de bolsas plásticas negras para estimular la apertura de los estomas y favorecer el ingreso del patógeno. Luego se dejó en una cámara húmeda (ambiente con riego por nebulización) durante 5 días, tiempo en el cual la enfermedad alcanza una severidad entre 5 a 15%, inmediatamente se aplicó los extractos puros. Previo al tratamiento se cuantificó la severidad/planta, y proseguimos con la evaluación durante una semana. Analizados los datos de avance de la enfermedad, se determina que los mejores extractos corresponden a papaya, cola de caballo y ortiga con un porcentaje de control del 40 a 50%, seguidos por wira wira y té verde (25 y 35%). La manzanilla no controla la enfermedad. Las hojas tratadas con estos productos lisan la pared celular del esporangio impidiendo su multiplicación.

Palabras claves: *Peronospora variabilis*; hidrodestilación; extractos.

Introducción

La quinua es un producto de alto valor alimenticio debido a su elevado contenido de proteina , se la considera un pseudocereal por no ser parte de la familia de las *gramíneas,* a la que pertenecen los cereales.

La quinua fue cultivada en los Andes bolivianos, peruanos, ecuatorianos y argentinos, al igual que la papa se constituye como uno de los principales alimentos de los pueblos andinos preincaicos e incaicos.

Las condiciones de crecimiento son variables, crece desde el nivel del mar en el Perú, hasta los 4000 m. de altura en la cordillera de los Andes, y se conoce que a mayor altura se favorece la producción.

La producción de quinua es afectada por diversos factores, uno de ellos es el ataque del mildiu cuyo agente causal es *Peronospora variabilis*, con el fin de mantener a Bolivia como uno de los principales productores de quinua orgánica, es necesario desarrollar estrategias de manejo de esta enfermedad. Debido al surgimiento de nuevas enfermedades (alergias, problemas gástricos y otros) en la sociedad la población fue adquiriendo conciencia y preferencia por alimentos orgánicos, es decir, productos que no contengan agentes químicos sintéticos. Por lo mencionado, el presente trabajo propone desarrollar un control biotecnológico que permita garantizar la producción limpia (sin aplicación de plaguicidas de origen sintético) del cultivo de quinua.

Objetivo general

Evaluar extractos de plantas que permitan desarrollar formulaciones de ecofungicidas para el control biotecnológico del mildiu (*Peronospora variabilis*) de la quinua.

Objetivos específicos

- Seleccionar las especies vegetales promisorias.
- Obtener extractos de las plantas mediante hidrodestilación para su posterior aplicación.
- Evaluar y determinar la efectividad de los extractos acuosos de: cola de caballo, papaya, ortiga, manzanilla, té verde y wira wira para el control del mildiu en invernadero.

Material y métodos

Obtención de extractos

Se empleó un equipo de hidrodestilación del Centro de Tecnología Agroindustrial de la Universidad Mayor de San Simón en el cual se procedió de la siguiente forma:

- Triturar la materia prima.

- Pesar en una balanza la materia triturada e introducir en el equipo de hidrodestilación hasta unos 5 cm. por encima del enchaquetado.
- Luego agregar agua destilada y con la ayuda de una probeta registrar la cantidad de agua hasta 1 cm. por encima de la chaqueta.
- Hacer funcionar el equipo hasta observar la ebullición por unos 20 minutos y cortar el calentamiento.
- Dejar reposar hasta que alcance temperatura ambiente y luego filtrar el extracto obtenido con algodón y posteriormente con papel filtro.
- Introducir el filtrado en una botella y guardar refrigerado a – 4 °C hasta el momento de su aplicación.

El material vegetal utilizado corresponde a plantas en estado fresco y las proporciones que se emplearon fueron las siguientes:

- Hojas de Papaya 350 g. para 2.5 litros de agua.
- Manzanilla 930 g. para 2 litros de agua.
- Cola de Caballo 450 g. para 2 litros de agua.
- Ortiga 500 g. para 2.5 litros de agua.
- Té Verde 200 g. para 2 litros de agua.
- Wira Wira 220 g. para 2 litros de agua.

En la Figura 1 se observa la última fase de la extracción y la apariencia del extracto final.



Figura 1.
Obtención de extractos: a) manzanilla, b) cola de caballo c) ortiga.

Multiplicación e inoculación natural de las plantas

Para estandarizar el protocolo se trabajó con una variedad susceptible (Pisancalla) y posteriormente con una variedad resistente (Kurmi). Se utilizaron macetas de 10 x10 cm. se sembró en sustrato estéril aproximadamente 6 semillas (Figura 2) regándose diariamente hasta que la planta alcanzó una altura de 10 a 15 cm. Posteriormente, las plantas fueron colocadas en la cámara húmeda donde se le dio las condiciones favorables de humedad y temperatura del patógeno.



Figura 2.
Siembra de quinua en macetas y desarrollo inicial de las mismas.

Preparación de inóculo

Para preparar el inóculo, se recolectaron hojas enfermas de plantas de quinua de parcelas de agricultor con alta incidencia en el Altiplano de Oruro. Estas hojas fueron colectadas y colocadas en una cámara húmeda, y para favorecer la esporulación de las hojas se preparó el inóculo en laboratorio. Se seleccionaron grupos de cinco hojas naturalmente enfermas, se las introdujo en tubos Falcón con aproximadamente 5 ml de agua destilada estéril, inmediatamente se agitó manualmente para lavar las esporas del envés de las hojas (Figura 3).

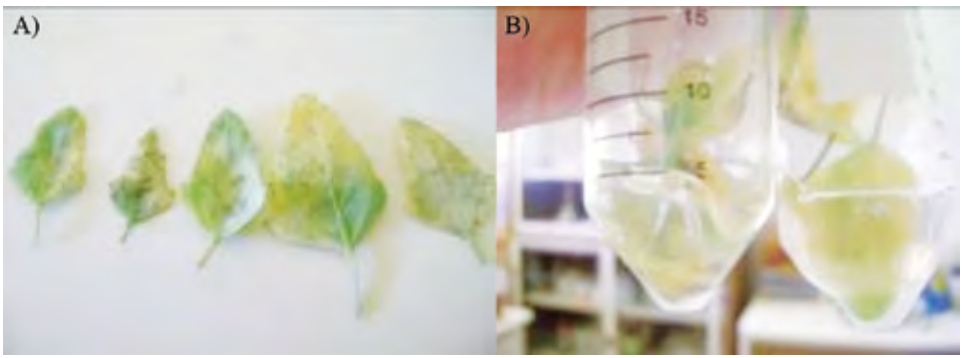


Figura 3.
A) Hojas enfermas con inóculo B) Inóculo suspendido en agua.

Una vez obtenida la solución fue filtrada con la ayuda de una gasa y con un hemacitómetro se la concentró a $1x10^5$ esporangios/ml (Figura 4).



Figura 4.
Filtrado de inóculo de la solución acuosa.

Tratamiento en invernadero

Una vez que las plantas alcanzaron una altura entre los 10 a 15 cm, con la ayuda de un gotero, se inocularon tres hojas/planta (Figura 5). Las plantas inoculadas fueron colocadas dentro de bolsas plásticas de color negro para estimular la apertura de los estomas y favorecer el ingreso del patógeno. Transcurridas las 24 horas se quitó la bolsa y se las dejó en una cámara húmeda (ambiente con riego por nebulización cada 3 horas) por 5 días, tiempo en el cual la enfermedad alcanza normalmente una severidad entre el 5 al 15%.



Figura 5.
Secuencia de inoculación de plantas de quinua con mildiu.

Inmediatamente, se procedió a aplicar los extractos en diferentes concentraciones: pura y diluida. La aplicación se realizó con un aspersor para lograr una buena distribución y adherencia del extracto en las hojas (Figura 6).



Figura 6.
Hojas después de la aplicación de extractos en plantas enfermas.

Previa a la inoculación se cuantificó la severidad inicial en cada una de las plantas, una vez realizado el tratamiento, se procedió a evaluar diariamente el avance de la enfermedad (severidad) durante una semana siguiendo el protocolo de Danilsen (2004).

Resultados y discusión

Con los datos de avance de la enfermedad y los respectivos tratamientos se graficaron las curvas para los diferentes extractos (Figura 7).

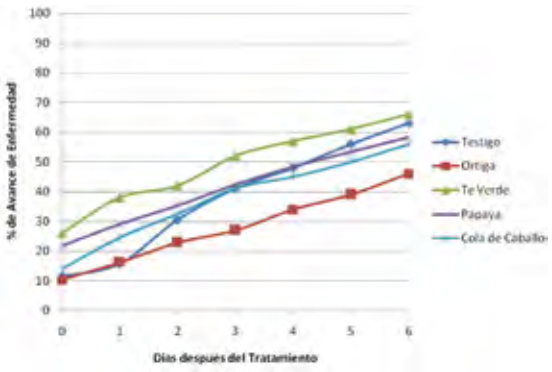


Figura 7.
Evaluación de avance de enfermedad en plantas tratadas con extractos.

Al comparar el testigo con el resto de los extractos se puede evidenciar que el mejor control fue de la ortiga, que en base a repeticiones hechas alcanzó un 50% de control, la papaya y la cola de caballo alcanzaron un avance de la enfermedad muy similar al del testigo. El té verde favoreció el avance de la enfermedad. Estos resultados preliminares deberán ser corroborados en campo para confirmar el control de la enfermedad con ortiga.

Con el objeto de entender el mecanismo de acción de los extractos se colectaron hojas enfermas de invernadero y se procedió al tratamiento con los diferentes extractos, después de las 24 horas de aplicación se observaron los esporangios al microscopio determinándose la destrucción de la pared celular. Estas evaluaciones fueron realizadas durante 3 días, tiempo en el cual se observó que el extracto de hojas de cola de caballo destruye la mayor cantidad de esporangios (Figura 8).

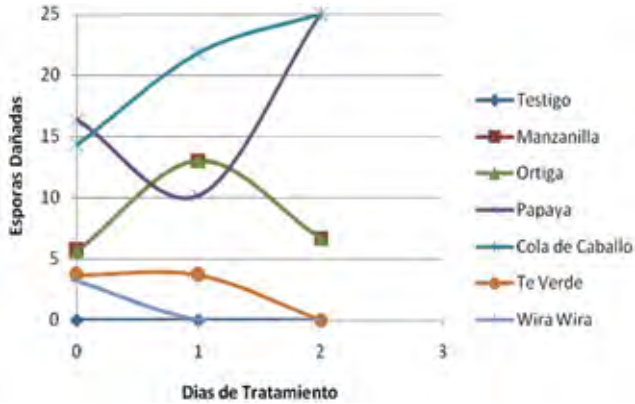


Figura 8.
Esporas dañadas después de la aplicación de extractos.

Como se puede observar en la Figura 8, el extracto de papaya destruye las paredes de los esporangios en las 24 horas después del tratamiento pero se observa que como el producto no ingresa al interior de la hoja, los esporangios que estaban en el interior afloran a la superficie. El efecto de la ortiga y el té verde es inverso a la papaya, en las primeras 24 horas no controla el avance de la enfermedad, pero posteriormente causa lisis en las paredes (Figura 9). En cambio la wira wira lisa pared en las 24 horas y mantiene por 24 horas más.

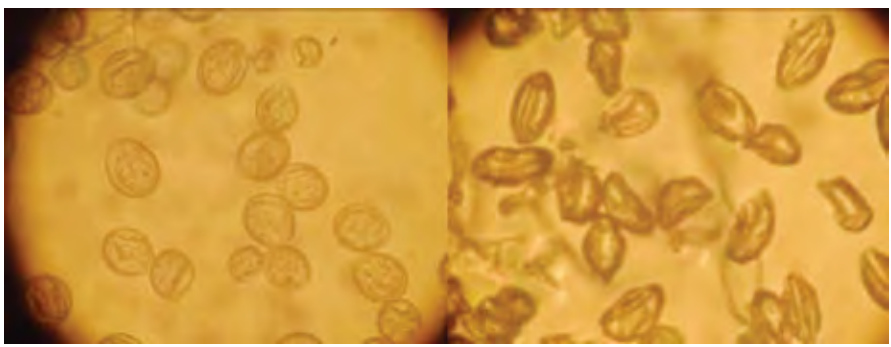


Figura 9.
Observación al microscopio de esporas tratadas con agua versus el extracto de papaya después de 24 horas de aplicación.

Estos resultados sugieren la mezcla de extractos para así tener un control más amplio de la esporulación que es la principal forma de diseminación de la enfermedad.

Conclusiones

- El extracto que controla el avance de la enfermedad en invernadero es la ortiga, cuyo control es del 50 %, seguido por la cola de caballo y la papaya.
- La forma de acción de los productos evaluados es la lisis de pared celular con lo cual se reduce la multiplicación del patógeno.

Referencias citadas

Cerpa Chávez Manuel Guillermo. Hidrodestilación de aceites esenciales. Valladolid, 2007.

Equipo de Especialistas en Medicinas Alternativas. Osteoporosis. Buenos Aires, Ed. Lea libros. 2006.

Escrivá María Gabriela. Huerta Orgánica en macetas. Ed. Albatros SACI. 2010.

Fundación Salvadoreña para la promoción social y el desarrollo económico. Elaboración de plaguicidas orgánicos. San Salvador. 2000.

García Arboleda Mauricio. Guía para el manejo de tecnologías de producción limpia. Convenio Andrés Bello. 2004.

Geilfus Frans, Bailón Pascual. El árbol al servicio del agricultor: Guía de especies.

Hernández Díaz – Ambrona Carlos G. La transformación industrial de la producción agropecuaria. Ministerio de Educación y Ciencia, España. 2004.

Hidalgo e Hidalgo, Luis Hidalgo Fernandez – Cano, Jose Hidalgo Togores. Tratado de viticultura. Ed. Paraninfo. 2011.

Lesser Preuss Rodolfo. Manual de Apicultura Moderna.

Solveig Danielsen – Teresa Ames. El mildiu de la quinua en la zona andina. Centro Internacional de la papa.

Solveig Danielsen – Teresa Ames. Enfermedades de la quinua.

Tapia Mario. La quinua y la kañiwa: Cultivos Andinos. Bogota, Colombia. 1979.

www.fundacionciab.org/pdfs/fungicidas.pdf

http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/produ/cdrom/contenido/libro03/cap5.htm

Parasitoides de larvas de polilla de la quinua (*Eurysacca quinoae* P.) perspectiva de control biológico en quinua orgánica

Ilich Figueroa; Bilma Ríos; Luis Crespo; Raúl Saravia; Reinaldo Quispe.

Fundación PROINPA.

E-mail: i.figueroa@proinpa.org

Resumen

Se realizaron colectas de larvas de ***Eurysacca quinoae*** (Polilla de la quinua) en campos de producción de quinua orgánica, en varias localidades de 3 eco-regiones del Altiplano Boliviano: Altiplano Norte, Centro y Sur; y una zona de novel producción en Tiraque (valle interandino, Cochabamba); durante las campañas agrícolas 2011, 2012 y 2013. Los especímenes colectados fueron transmitidos inmediatamente al Laboratorio donde fueron criados hasta que llegaron al estado adulto. Se realizó la diferenciación de los parasitoides por tipo de cocón y la identificación a la emergencia de adultos. Se determinó los niveles de parasitismo para cada especie y su distribución según las ecoregiones estudiadas. Se han registrado 6 especies de parasitoides que parasitan larvas de ***E. quinoae*** y se distribuyen en las 3 regiones del Altiplano Boliviano: ***Diadegma sp***., ***Deleboea sp***. (Hymenoptera: Ichneumonidae); ***Apanteles sp***., ***Meteorus sp***. (Hymenoptera: Braconidae); ***Phytomyptera sp***. (Diptera: Tachinidae) y ***Copidosoma sp***. (Hymenoptera: Encyrtidae). Los niveles de parasitismo varían según la zona de recolección desde 39% a 50% en las colectas del Altiplano. Se determinó 4% de parasitismo en Tiraque - Cochabamba. Las especies ***Deleboea sp.***, ***Meteorus sp.*** y ***Copidosoma sp.*** son las que mayores niveles de parasitismo presentaron en el Altiplano Norte, Centro y Sur, respectivamente. Los resultados muestran que existe alta diversidad de parasitoides que han co-evolucionado con ***E. quinoae*** en el agro-ecosistema del Altiplano, y nos muestra un gran potencial para estudiar su biología y eventualmente desarrollar programas de cría masiva para control biológico en sistemas sostenibles de producción orgánica de quinua.

Palabras claves: Polilla de la quinua; ***Eurysacca quinoae***; parasitoides; control biológico.

Introducción

En el agro-ecosistema del Altiplano boliviano, el cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* W.) es atacado por varias especies de insectos herbívoros; siendo los más importantes el complejo "Ticonas" y la polilla de la quinua. El complejo ticona (Lepidoptera: Noctuidae) está representado principalmente por *Copitarsia incommoda*, *et. al. Helicoverpa gelotopoeon*, *Helicoverpa atacamae* y *Dargida acanthus* (Saravia *et. al.* 2010, Pogue, 2011), responsables por causar pérdidas mayores al 32% en rendimiento. La polilla de la quinua *Eurysacca quinoae* P. (Lepidoptera: Gelechiidae), es considerada la plaga más importante del cultivo en todas las zonas de producción, causando pérdidas mayores al 50% del rendimiento y disminuyen calidad del grano (Rasmussen *et al.* 2003; Quispe, 2009). Tradicionalmente se realiza el control de estas especies plaga con el uso de insecticidas sintéticos, pero debido a la creciente demanda internacional por quinua producida y certificada orgánicamente, se hace necesaria la incorporación de buenas prácticas de manejo del cultivo y de sus plagas para tener una producción libre de residuos de insecticidas sintéticos. Por otro lado, el rápido incremento de la superficie cultivada de la quinua y la ampliación de la frontera agrícola creando grandes espacios con monocultivo, particularmente en el Altiplano Sur, está provocando daños más severos por parte de las plagas (Jacobsen, 2011).

La quinua es originaria del Altiplano Boliviano-Peruano, donde es posible encontrar grandes concentraciones de biodiversidad de quinuas silvestres así como ecotipos cultivados (Bonifacio, 1999). Es permisible suponer que los insectos herbívoros que atacan a la quinua así como sus enemigos naturales también son originarios del mismo nicho ecológico; por lo tanto estos organismos han tenido una larga historia evolucionaria, durante la cual han interactuado y compartido el mismo nicho.

El Altiplano boliviano, se caracteriza por presentar tres eco-regiones distintas: El Altiplano Norte, especialmente la zona circundante al lago Titicaca, es mucho más húmeda y con alta presión de población, donde los campos de cultivo son en su mayoría de menor tamaño y con poca o ninguna vegetación nativa circundante, pero sí con agricultura más intensiva. El Altiplano Centro, que va desde el sur de Viacha hasta Challapata, se caracteriza por ser una zona menos húmeda, pero donde es posible tener grandes extensiones. El Altiplano Sur es una zona mucho más seca y fría, donde la producción de quinua se concentra en los alrededores de los grandes salares. Los suelos son mayoritariamente arenosos (PROINPA, 2006)

En prospecciones recientes, muchas especies de predadores y especialmente parasitoides han sido reportados como asociados a los insectos plaga de la quinua. Sin embargo, la evidencia del potencial impacto de estos insectos benéficos sobre el control de las poblaciones de plagas es preliminar. Colectas masivas de larvas de *E. quinoae* en el campo, resultaron en la emergencia de al menos 6 diferentes especies de parasitoides mayormente hymenopteros y algunos dípteros alcanzando un nivel de parasitismo cercano al 50% de manera natural (Saravia *et al.* 2008; Quispe 2009), pero nuevamente

la importancia relativa y potencial impacto de estos insectos sobre sus hospederos lepidópteros ha sido pobremente evaluada (Costa *et al*. 2009).

Objetivos del estudio

- Determinar los niveles de parasitismo natural sobre larvas de la polilla de la quinua *E. quinoae* en campos de quinua orgánica de las ecoregiones del Altiplano Norte, Centro y Sur.
- Identificar y determinar la distribución de las especies de parasitoides que atacan a *E. quinoae* en tres agroecosistemas del Altiplano y una en valles interandinos de Cochabamba.
- Determinar la importancia de los parasitoides de *E. quinoae* como potenciales controladores de esta plaga en sistemas de producción orgánica.

Material y métodos

Localización de las colectas: Las colectas de larvas de polilla de la quinua *E. quinoae* se realizaron durante 3 años consecutivos (campañas agrícolas 2011, 2012 y 2013) en diferentes zonas productoras del Altiplano Boliviano. Las parcelas elegidas fueron en su mayoría de producción orgánica:

- ***Altiplano Norte:*** En campos de quinua de las comunidades Quipaquipani, Choquenaira (Prov. Ingavi), Pucarani, Lacaya (Prov. Los Andes) del departamento de La Paz.
- ***Altiplano Centro:*** Campos de quinua de comunidades Challapata-Tacagua (Prov. E. Avaroa), Crucero Belén y El Choro (Prov. Cercado) del departamento de Oruro.
- ***Altipalno Sur:*** Chacala, Chita-Uyuni (Prov. Quijarro) del departamento de Potosí.
- ***Valles Interandinos:*** Comunidad K'aspikancha (Prov. Tiraque) del departamento de Cochabamba. Esta recolección se realizó únicamente en la campaña 2013.



Figura 1.
Zonas de recolección en el Altiplano Norte, Centro, Sur y Valles Interandinos.

Colecta, cría y reconocimiento de parasitoides por tipo de cocón: Las colectas se realizaron cuando el cultivo tenía un alto porcentaje de infestación de polilla o niveles mayores al umbral económico (Arragán, 2010; Saravia y Quispe 2006), generalmente en los meses de Marzo y Abril antes de la cosecha. La colecta se realizó manualmente y con la técnica de agitación de las panojas a una tela plástica blanca en el suelo. Las larvas fueron mantenidas en tapers cubiertos con tul y con bastante cantidad de panojas frescas para que continúen su alimentación y desarrollo. Los tapers con larvas fueron cuidadosamente embalados para su envío al laboratorio de Entomología de la Fundación PROINPA localizado en El Paso (Cochabamba) para su cría en el laboratorio, las larvas fueron transferidas a jaulas entomológicas y en el lapso de 3 a 4 semanas (por muestreo) se realizó la selección y diferenciación de pupas sanas, pupas atípicas y cocones de parasitoides. Esta actividad se realizó con la ayuda de lupas y estéreo microscopio. La selección y diferenciación fue adecuadamente registrada en planillas diseñadas para tal efecto, lo cual permitió la cuantificación de los datos y determinación de niveles de parasitismo por especies, año y eco región.

Identificación de parasitoides: Una vez seleccionados y diferenciados, los especímenes de parasitoides fueron puestos en sala de cría a condiciones controladas (25º-28ºC; 50-70%HR; 14h Luz) para la emergencia de los adultos. Los primeros especímenes fueron montados para realizar su identificación mediante comparación morfológica (adultos y cocones) y descriptiva en otras publicaciones (Costa, *et al*. 2009; Rasmussen *et al*. 2001); además con ayuda de claves taxonómicas provistas por Sharkey (2006) para *Braconi-*

dae y Townes (1966) para *Ichneumonidae*. De todas maneras la identificación aún no es definitiva puesto que solamente se llegó a nivel de género debido a la gran diversidad de especies entre los hymenópteros parasitoides y a la falta de claves actualizadas para este orden en Sudamérica y la región Neotropical (Costa, *et al*. 2009). Adicionalmente, se realizó la descripción de sus hábitos de parasitismo observados. Los especímenes montados forman parte de la colección entomológica del laboratorio en PROINPA.

Resultados y discusión

Parasitismo natural sobre E. quinoae en campos de quinua

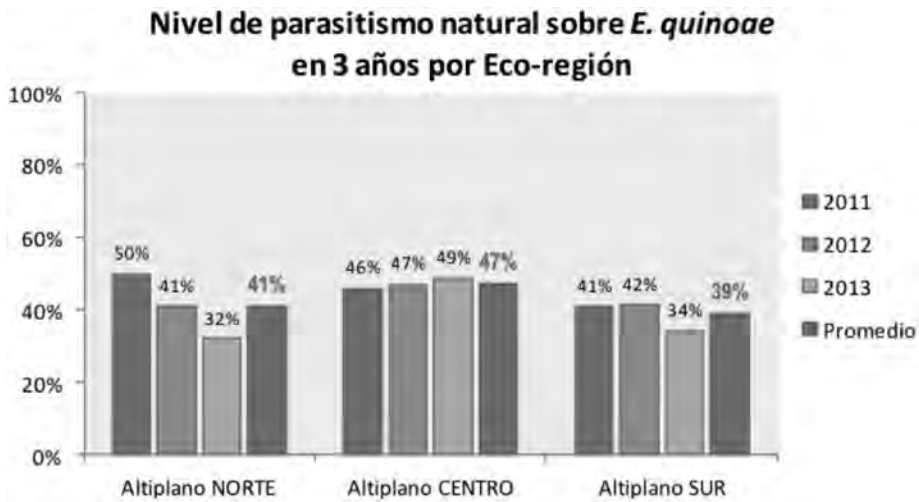


Figura 2.
Nivel de parasitismo natural sobre** E. quinoae **en los años 2011, 2012 y 2013 en tres eco regiones del Altiplano boliviano.

En el Altiplano Norte, los niveles totales de parasitismo alcanzaron al 41% promedio de las campañas 2011, 2012 y 1013 (Figura 2). En el Centro el promedio de parasitismo llega al 47% y en el Sur el 39%. Estos resultados concuerdan con Costa *et al*., (2009) quienes registran 53% de parasitismo sobre polilla de la quinua para la sierra central de Cuzco – Perú. Sin embargo, son ligeramente mayores a los resultados de Saravia (2008) y Mamani (1998) quienes reportan 22% en Altiplano Norte y 35% en Altiplano Centro, respectivamente.

Especies de parasitoides de E. quinoae y niveles de parasitismo natural

Se han identificado seis especies de parasitoides que atacan a larvas de polilla de la quinua *E. quinoae* en todas las ecoregiones donde se cultiva quinua: *Diadegma sp*., *Deleboea sp*. (Hymenoptera: Ichneumonidae); *Apanteles sp*., *Meteorus sp*. (Hymenoptera: Braconidae); *Phytomyptera sp*. (Diptera, Tachinidae) y *Copidosoma sp*. (Hymenoptera: Encyrtidae).



Figura 3.
Parasitismo natural sobre E. quinoae en la eco-región Altiplano Norte. Promedio de tres años.



Figura 4.
Parasitismo natural sobre E. quinoae en la eco-región Altiplano Centro. Promedio tres años.

En el Altiplano Norte, la especie más frecuente es *Deleboea sp.* llegando hasta el 15% de parasitismo (Figura 3). En el Altiplano Centro, la especie *Meteorus sp*. es la que domina el parasitismo sobre polilla llegando al 23% (Figura 4). Las demás especies alcanzan porcentajes menores en ambas ecoregiones. La especie de mosca tachinido *Phytomyptera sp.* alcanza niveles no mayores al 3% en ambas ecoregiones, lo cual contrasta con los niveles de parasitismo reportados en zonas similares de la sierra del Perú, donde esta especie es la dominante alcanzando niveles de parasitismo mayores al 16% y 18% en Cuzco (Costa, *et al*. 2009) y Puno respectivamente en la sierra peruana. (Rasmussen *et al*. 2001).



Figura 5.
Parasitismo natural sobre E. quinoae en la eco-región Altiplano Sur. Promedio de tres años



Figura 6.
Parasitismo natural sobre E. quinoae en la eco-región Valle Interandino de Tiraque – Cbba.

En el Altiplano Sur, la especie dominante de parasitoide es *Copidosoma sp.* (Figura 5), la cual llega al 24% de parasitismo; en concordancia con los niveles registrados para esta especie en el estudio de Saravia (2008), donde se reporta a esta especie como dominante en esta eco-región. Pero, en esta eco-región no se registró la especie *Apanteles sp.*

En el caso de la zona de Tiraque (valles interandinos de Cochabamba), el nivel total de parasitismo solamente llegó al 4% (Figura 6), siendo la especies *Phytomyptera sp.* la que más parasitismo presentó, y no se registraron a *Copidosoma sp.* y *Diadegma sp.* en esta eco-región. Este resultado tan bajo en parasitismo se debe a que la zona no es tradicional en la producción de quinua y recién los últimos tres años se han incrementado la superficie cultivada, por lo que tanto la plaga como sus parasitoides no son endémicos de la zona. Por ahora, la presión de la plaga es mayor debido a la poca presencia de parasitoides.

Importancia de los parasitoides en el control de polilla de la quinua

La relativa abundancia de parasitoides para una sola especie de hospedero herbívoro, así como sus niveles de parasitismo reportados en este estudio, es una muestra de la alta diversidad de entomofauna benéfica asociada al cultivo de la quinua en las tres eco-regiones del Altiplano Boliviano. Son notables los altos niveles de parasitismo, superando el 50% en algunos casos, esto nos da una idea del importante rol que tienen los parasitoides sobre la población larval de *E. quinoae*; así como la gran competencia interespecífica entre las diversas especies de parasitoides. Cabe recalcar que la mayoría de los muestreos abarcaron campos de producción orgánica, lo que hace presumir que los altos niveles coinciden con el poco o ningún uso de insecticidas (sintéticos u orgánicos) lo que ayuda a las poblaciones de parasitoides a mejorar su hábitat y condiciones para que realicen la búsqueda y localización de sus hospederos.

La alta diversidad y abundancia de parasitoides está estrechamente relacionada con la vegetación nativa presente dentro y/o alrededor de los campos de quinua, pues es en estos nichos donde los insectos benéficos encuentran refugio, fuentes de alimentación y zonas de apareamiento. De esta manera, la forma más inmediata de mejorar las condiciones naturales para incrementar los niveles de parasitismo, y por ende el control de la plaga; es realizar un adecuado manejo del hábitat asociado al cultivo de quinua, especialmente con la vegetación nativa que presente un periodo de floración que coincida con el periodo de mayor incidencia de la plaga.

Identificación y descripción de parasitoides de larvas que atacan a E.quinoae

a) Copidosoma sp. (Hymenoptera: Encyrtidae): ***Adulto:*** muy pequeño 0,5-1 mm de largo, cuerpo robusto completamente negro. Es un parasitoide de huevo, cuyas hembras insertan un embrión dentro el huevo de la polilla. Cuando el embrión comienza a dividirse y los múltiples parasitoides se desarrollan junto con la larva hasta que ésta llega a su máximo desarrollo. Finalmente los parasitoides terminan por copar todo el espacio disponible de la larva y se apiñan al interior de la cutícula momificada de la larva de polilla. Esta característica se denomina "momia" de polilla. En una sola larva de polilla es posible el desarrollo de hasta 25 individuos de *Copidosoma sp.* (Figura 7).



Figura 7.
Copidosoma sp. a) Adulto. b) Larvas de polilla momificadas con parasitoides dentro.

b) Deleboea sp. (Hymenoptera: Ichneumonidae): ***Adulto:*** pequeño de 4 mm de largo, mayormente negro con patas rojizas. Antenas largas, Hembra con ovipositor largo. ***Cocón:*** hecho con seda blanca de marcada forma cónica de base achatada, generalmente con restos alimenticios y rastrojos adheridos. Endoparasitoide que sale de la larva al completar su desarrollo e inmediatamente teje su cocón (Figura 8).



Figura 8.
Deleboea sp. a) Adulto. b) larva y cocón cónico con base achatada.

c) Diadegma sp. (Hymenoptera: Ichneumonidae) ***Adulto:*** pequeño y alargado de hasta 8 mm de largo. Color negro con patas blanquecinas en la punta. Cuerpo esbelto de abdomen alargado. Hembras con evidente ovipositor en la punta del abdomen. ***Cocón:*** de forma cilíndrica, 5 mm de largo, color marrón oscuro con una clara línea blanca en la parte media. Normalmente está recubierta con una fina seda (Figura 9).



Figura 9.
Diadegma sp. a) Adulto. b) Cocones.

d) Phytomyptera sp. (Diptera: Tachinidae): ***Adulto:*** Mosca muy pequeña, 3-5 mm de largo, color mayormente negro, alas transparentes. Cuerpo robusto cubierto con grandes vellosidades a manera de espinas. ***Cocón:*** Cilíndrico con extremos afilados. 2-3 mm de largo, color marrón claro. Es un endoparasitoide que completa su desarrollo larval y pupación dentro la larva de polilla, Una vez que se transforma en pupa, los restos de la larva de polilla se deshidratan alrededor de la pupa, por lo que es muy común encontrarlas con restos de larva (Figura 10).



Figura 10.
Phytomyptera sp. a) Adulto. b) Cocones con restos de piel de la larva de polilla

e) Meteorus sp. (Hymenoptera: Braconidae): ***Adulto:*** Pequeño, de cuerpo esbelto 3-4 mm de largo, color negro con alas transparentes. Antenas muy largas, El ovipositor de las hembras es bastante delgado por lo que es un poco difícil verlo a simple vista. ***Cocón:*** Elíptico alargado, 3-4 mm, de color dorado transparente por lo que es posible ver a la pupa y al pre-adulto antes que emerja. Se diferencia fácilmente por un oscurecimiento a marrón en uno de los extremos (Figura 11).

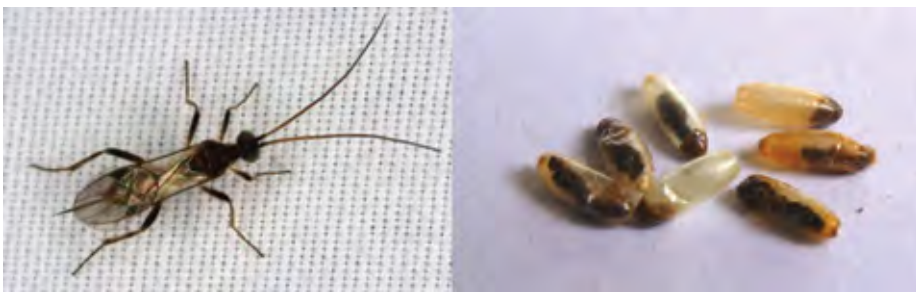


Figura 11.
Meteorus ***sp. a) Adulto. b) Cocones y pupas a punto de emerger.***

f) Apanteles sp. (Hymenoptera: Braconidae): ***Adulto:*** Pequeño, de 2-3 mm de largo, cuerpo esbelto y largas antenas. Completamente negro con alas transparentes y una mancha negra en el extremo superior de las alas delanteras. Cocón: forma cilíndrica completamente blanco hecho con seda. 2 mm de largo. Endoparasitoide que sale de la larva de polilla mientras sigue viva, para tejer su cocón adherido a esta (Figura 12).



Figura 12.
Apanteles sp. a) Adulto. b) Cocones

Conclusiones

- Se han identificado y descrito a 6 especies de parasitoides que completan su desarrollo en larvas de la polilla de la quinua *Eurysaca quinoae*: Las avispas parasíticas *Diadegma sp*., *Deleboea sp*. (Hymenoptera: Ichneumonidae); *Apanteles sp*., *Meteorus sp*. (Hymenoptera: Braconidae); La mosca parasítica *Phytomyptera sp*. (Diptera: Tachinidae) y el parasitoide de huevos *Copidosoma sp*. (Hymenoptera: Encyrtidae) en las tres ecoregiones del Altiplano Boliviano y una región de valle interandino. Dichas especies presentan diversos niveles de parasitismo natural, según eco-región, llegando a un total de entre 39% a 50% sobre *E. quinoae*.
- Las especies *Deleboea sp.*, *Meteorus sp.* y *Copidosoma sp.* son las que mayores niveles de parasitismo presentaron en el Altiplano Norte, Centro y Sur, respectivamente.
- En la eco-región de Tiraque, como zona no tradicional de cultivo de quinua, el nivel de parasitismo natural llegó al 4% siendo la especie *Phytomyptera sp.* la que mayor nivel de parasitismo registró. Este nivel bajo de parasitismo en comparación con las del Altiplano, se debe a la reciente incursión del cultivo en la zona y la falta de adaptación de las especies de parasitoides de *E. quinoae* a las condiciones ambientales de esta región diferentes a las del Altiplano.
- Estos resultados muestran que existe alta diversidad de parasitoides asociados a la quinua que han co-evolucionado con *E. quinoae* en el agro-ecosistema del Altiplano, y nos muestra un gran potencial para estudiar su biología y eventualmente desarrollar programas de cría masiva para control biológico en sistemas sostenibles de producción orgánica de quinua.

Agradecimientos. Al proyecto Innovación Participativa – Holanda y el proyecto McKnight – quínua proyectos financiadores de estas actividades. A las oficinas regionales de PROINPA en La Paz, Oruro y Uyuni y los colegas responsables quienes colaboraron gentilmente para la realización de las actividades del presente estudio.

Referencias citadas

Arragán F., 2010. Nivel de daño económico de la polilla de la quinua (*Eurysacca quinoae*) en la localidad de Jalsuri – Altiplano Central Tesis. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. 103 p.

Bonifacio, A. 1999. Chenopodium sp., recursos genéticos, etnobotanica y distribución geográfica, Memorias del primer taller internacional en quinua: recursos genéticos y sistemas de producción. La Molina, Lima, Perú.

Costa, J. F., E. Yàbar and E. Gianoli. 2009. Parasitismo sobre Eurysacca melanocampta Meyrick (Lepidoptera: Gelechiidae) en dos localidades de Cusco, Perú. Rev.Fac.Nal.Agr.Medellín 62(1): 4807-4813.

Fundación PROINPA, Fundación AUTAPO. 2006. Módulo 2: Manejo Agronómico de la Quinua Orgánica. La Paz, Bolivia. 105 p.

Jacobsen, S.E. 2011. The situation for Quinoa and its production in Southern Bolivia: From economic success to environmental disaster. Journal of Agronomy and Crop Science, 197 (5): 390-399.

Mamani, D.. 1998. Control biológico en forma natural de la polilla de la quinua (*Eurysacca melanocampta* Meyrick) por parasitoides y perspectivas de cría para su manipulación en el altiplano central. Tesis. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. 103 p.

Pogue, M.G. 2011. Larval description of Copitarsia incommoda (Lepidoptera: Noctuidae). Annals of the Entomological Society of America, 104(6): 1292-1296.

Quispe, R. 2009. Plagas insectiles del cultivo de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). Monografía. "Plagas del cultivo de la quinua", Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), Lima, Perú.34 p.

Rasmussen, C., Lagnaoui, A. and Esbjerg, P. 2003. Advances in the Knowledge of Quinoa Pests, Food Reviews International, 19: 1, 61-75.

Rasmussen, C., Lagnaoui, A. and Delgado, P. 2001. Phytomyptera sp. (Diptera: Tachinidae): An important natural control agent of the quinoa moths, Eurysacca spp. (Lepidoptera: Gelechiidae) in central Peru. The Tachinid Times, 14:5-6.

Saravia, R. y Quispe R. 2006. Nivel de Daño Económico de la polilla de la Quinua. Memoria del IV Congreso Nacional De La Asociación Boliviana De Protección Vegetal, PROINPA, Oruro – Bolivia, 118-120p.

Saravia, R.; Mamani, A., A. Bonifacio y M. Alcon. 2008. Diagnóstico de los enemigos naturales de las plagas del cultivo de quinua. Fundación PROINPA. Informe Anual 2008-2009. Rubro Granos Altoandinos. Cochabamba, Bolivia, 215p.

Saravia, R., A. Bonifacio y J. Aduviri. 2010. La identificación de enemigos de la Quinua, una tarea esencial en el MIP. In Compendio de Actividades Fundación PROINPA 2010, pag. 27-29.

Sharkey, M. 2006. Two new genera of Agathidinae (Hymenoptera: Braconidae) with a key to the genera of the New World. Zootaxa: 1185: 37–51.

Townes, H. 1966. A key to the genera of Ichneumonidae recorded from the Neotropic Region. pp. 295-333. In: Memories of American Entomological Institute. Catalogue and Reclassification of the Neotropic Ichneumonidae. 333 p.

Disponibilidad y acceso a tecnologías para el manejo ecológico de insectos plaga del cultivo de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en el altiplano sur

Reinaldo Quispe; Wilfredo Rojas; Antonio Gandarillas.

Fundación PROINPA.

***E-mail*:** r.quispe@proinpa.org

Resumen

El diagnóstico sobre la disponibilidad y el acceso de las tecnologías para el manejo ecológico de plagas del cultivo de la quinua (MEP-quinua) fue realizado en comunidades del Altiplano Sur de Bolivia (Oruro y Potosí), año agrícola 2011-12. El relevamiento de información fue a través de tres técnicas: 1) visitas de campo, 2) encuestas y 3) entrevistas. El método de muestreo para las encuestas fue irrestricto aleatorio. Los resultados indican que: 1) se disponen de 20 innovaciones tecnológicas para el MEP-quinua, tres de ellas para el manejo preventivo de los insectos plaga (trampas luz, trampa con feromona y rama de muña), una de monitoreo (muestreo de larvas) y dieciséis dirigidas al control de larvas de ticona y polilla de la quinua (8 extractos botánicos y 8 bioinsecticidas); 2) los productores de quinua utilizan 14 alternativas para el MEP-quinua; no obstante, solo ocho son las más utilizadas: trampas con feromona (69%), muestreo de larvas (45%), Entrust (24%), biosulfocal local (22%), extractos botánicos (21%), biol (19%), Acaritop (17%) y trampa luz (16%); 3) entre las principales razones para la preferencia de una u otra tecnología está la eficiencia y la calidad orgánica del producto; sin embargo, entre las causas para el no uso de las tecnologías estan la poca disponibilidad en el mercado, el desconocimiento, la desconfianza y la dificultad de su acceso; 4) los productores de quinua orgánica manifiestan múltiples causas al momento de decidir el uso o no de alguna tecnología para el MEP-quinua; 5) los bioinsecticidas que se ofertan en el mercado nacional muestran eficiencias de control aceptables para la producción orgánica (≤ 55%), sin embargo los productores demandan productos con mayor eficiencia.

Palabras claves: Disponibilidad; acceso; manejo ecológico de plagas; quinua; Altiplano Sur.

Introducción

En los últimos diez años, el cultivo de quinua en Bolivia tuvo un crecimiento histórico, resultado de la gran aceptación de su grano en los mercados de comercio orgánico de Norte América, Europa y Japón, lo que convierte a Bolivia en el principal país exportador a nivel mundial. Según IBCE (2013), los volúmenes de exportación de quinua orgánica en este periodo crecieron de 2833 TM a 26252 TM y las ventas externas se incrementaron de 3 a 80 millones de dólares. Cifras que tienen relación con el importante crecimiento que presentan las empresas de la Cámara Bolivia de Exportadores de Quinua y Productos Orgánicos (CABOLQUI) que exportan el 87% del volumen total, respecto a las organizaciones de productores como la Asociación Nacional de Productores de Quinua (ANAPQUI), la Central de Cooperativas Agropecuarias Operación Tierra (CECAOT), la Asociación de Productores de Quinua de Salinas de Garci Mendoza (APQUISA) y otras organizaciones. Sin embargo, el desarrollo tecnológico que sustenta este tipo de producción no ha registrado el mismo crecimiento, como es caso del manejo de los insectos plaga. En el país, son pocos los esfuerzos que apuestan por invertir en la innovación y el desarrollo de tecnología, acorde con la producción orgánica, para este rubro. A pesar de ello, actualmente en el mercado local se puede encontrar insumos de industria nacional y extranjera para el manejo de las plagas y la fertilidad del cultivo, principalmente. Pero, por diferentes razones, estas alternativas aún no han logrado ser empleadas masivamente por los productores, comprender las razones de uso o no uso de estos insumos para el manejo de las plagas del cultivo de la quinua, permitirán reorientar mejor los procesos de difusion y adopción de tecnología agrícola.

En este sentido, el presente trabajo realizó un diagnóstico sobre la disponibilidad y el acceso a tecnologías para el manejo ecológico de plagas del cultivo de la quinua a partir de información recopilada de productores, técnicos de campo, ONG´s e instituciones de investigación; bajo los siguientes objetivos:

- Identificar innovaciones tecnológicas existentes y en desarrollo para el manejo ecológico de los insectos plaga del cultivo de la quinua.
- Determinar las limitaciones y/o dificultades que involucra el manejo de las plagas del cultivo de la quinua y las razones de uso y adopción de las alternativas tecnológicas disponibles en el mercado.

Material y métodos

Localización

El levantamiento de información para el presente trabajo se realizó en 22 comunidades productoras de quinua del Altiplano Sur, la relación de las mismas se muestra en el Cuadro 1.

Cuadro 1.
Localización de las comunidades donde se registró información sobre MEP-quinua

No.	Comunidad	Municipio	Provincia	Departamento
1	Jirira	Salinas de Garci Mendoza	L. Cabrera	Oruro
2	Pacocollo	Salinas de Garci Mendoza	L. Cabrera	Oruro
3	Viroxa	Salinas de Garci Mendoza	L. Cabrera	Oruro
4	Lia	Salinas de Garci Mendoza	L. Cabrera	Oruro
5	Sivingani	Salinas de Garci Mendoza	L. Cabrera	Oruro
6	Irpani	Salinas de Garci Mendoza	L. Cabrera	Oruro
7	Cerro Grande	Salinas de Garci Mendoza	L. Cabrera	Oruro
8	Kallualca	Salinas de Garci Mendoza	L. Cabrera	Oruro
9	Lakasa	Salinas de Garci Mendoza	L. Cabrera	Oruro
10	Quillacas	Santuario de Quillacas	E. Abaroa	Oruro
11	Challapata	Challapata	E. Abaroa	Oruro
12	Colcha K	Colcha K	Nor Lípez	Potosí
13	Copacabana	Colcha K	Nor Lípez	Potosí
14	Atulcha	Colcha K	Nor Lípez	Potosí
15	Llavica	Colcha K	Nor Lípez	Potosí
16	Palaya	Llica	D. Campos	Potosí
17	Bella Vista	Llica	D. Campos	Potosí
18	Llica	Llica	D. Campos	Potosí
19	Chacala	Uyuni	A. Quijarro	Potosí
20	Coroma	Uyuni	A. Quijarro	Potosí
21	Santiago de Larco	Uyuni	A. Quijarro	Potosí
22	Alpacani	Uyuni	A. Quijarro	Potosí

Innovaciones tecnológicas existentes y en desarrollo para MEP-quinua

Para la identificación de las innovaciones tecnológicas que están en uso y en desarrollo para el Manejo Ecológico de las Plagas del cultivo de la quinua (MEP-quinua), se recabó información de las bibliotecas de las Facultades de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés (UMSA) de La Paz, la Universidad Técnica de Oruro (UTO) de la ciudad de Oruro, la Universidad Autónoma Tomas Frías (UATF) de Potosí, también se recurrió al Centro de Información y Documentación Agrícola de Bolivia del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) de La Paz, así mismo se revisó información en las bibliotecas especializadas de la Fundación AUTAPO y la Fundación PROINPA de las ciudades de Oruro y La Paz.

Limitaciones o dificultades que involucra el uso de las tecnologías MEP-quinua

El levantamiento de información para la identificación de las limitaciones o dificultades que involucra el uso de tecnologías MEP-quinua, fue a través de visitas de campo,

encuestas y entrevistas. En el año agrícola 2011-12 se realizaron tres visitas a parcelas de quinua en épocas críticas para el manejo de plagas; también fueron realizadas 184 encuestas, a productores de quinua orgánica, en las cuales se recabo información sobre la disponibilidad y acceso a tecnologías MEP-quinua; además, se efectuaron 13 entrevistas a informantes calificados (productores líderes y técnicos de campo) para complementar la información. Para determinar el tamaño de las encuestas se empleó el método de muestreo irrestricto aleatorio, porque según Morales (2011) este método asegura mejor el poder extrapolar los resultados, su tamaño fue determinado mediante la siguiente formula:

$$n = \frac{N}{1 + \frac{e^2(N-1)}{z^2 pq}}$$

Dónde: **n** = tamaño de la muestra que deseamos conocer
N = tamaño de la población (3124, abajo se explica la razón de usar este valor)
e = error muestral (5%)
z = nivel de confianza (95%, z=1.96)
pq = varianza de la población (p=q=.5; pq=.25)

Según Aroni *et al*. 2009 y Gutiérrez 2012, en el Altiplano Sur se registra una población de 3124 productores de quinua orgánica, quienes viven en sus comunidades y cuyo sustento familiar se basa principalmente en la producción de este grano.

Resultados y discusión

Innovaciones tecnológicas existentes y en desarrollo para el MEP-quinua

Según el Cuadro 2, se han identificado 20 innovaciones tecnológicas existentes para el MEP-quinua, de las cuales tres corresponden al manejo preventivo de los insectos plaga a través del uso de trampas luz, trampa con feromona y empleo de ramas de muña; una de monitoreo de la población larval por medio de su muestreo y 16 innovaciones dirigidas al control de larvas, del complejo "ticona" y polilla de la quinua, formados por extractos botánicos, preparados caseros y bioinsecticidas. Del total de las innovaciones cuatro son productos importados: Graden Plants & Field, Ecofoliar, Feromonas y Entrust; las dos primeras distribuidas por EcoAcción y las dos últimas por PROINPA, el resto de innovaciones son producidas y/o distribuidas por instituciones/empresas nacionales. Además, es importante recalcar que entre las innovaciones están los extractos y preparados caseros desarrollados por los propios agricultores en base a su experiencia.

Cuadro 2.
Tecnologías disponibles para el MEP-quinua, Altiplano Sur, 2012.

No.	Producto	Fabricante/ Distribuidor	Manejo	Plaga que Controla	Dosis (20 lt agua)
1	Trampa luz	Rowland	Preventivo	At y Ap	No definido
2	Trampa c/ feromona	Biotop/Proinpa	Preventivo	At	4 trampas/Ha
3	Rama muña[1]	Productores	Preventivo	Ap y Lp	No definido
4	Muestreo	Proinpa y otros	Monitoreo	Lt y Lp	No definido
5	Acaritop	Biotop/Proinpa	Control	P y Lt	0,5 lt.
6	Biobat	Biotop/Proinpa	Control	Lt y Lp	150 gr
7	Entrust	Biotop/Proinpa	Control	Lt y Lp	3 gr
8	Biosulfocal	Probiotec/Probioma	Control	Lt	0,5 lt
9	Probiomet	Probiotec/Probioma	Control	Lt	0,5 lt
10	Jabón cálcico de saponina	CPTS	Control	Lt y Lp	0,7 lt
11	Ecofoliar	EcoAcción	Control	Lt y Lp	0,1 lt
12	Garden, plants & field	EcoAcción	Control	Lt y Lp	0,2 lt
13	Muña blanca [1]	Ex-IBTA	Control	Lt y Lp	400 cc
14	Muña negra [2]	Ex-IBTA	Control	Lt y Lp	320 cc
15	Chachacoma [3]	Ex-IBTA	Control	Lt y Lp	240 cc
16	Molle [4]	Ex-IBTA	Control	Lt y Lp	320 cc
17	Uma thola [5]	Ex-IBTA	Control	Lt y Lp	400 cc
18	Ñak'a thola [6]	Ex-IBTA	Control	Lt y Lp	400 cc
19	Ajo común [7]	Proinpa	Control	Lt y Lp	1.5 lt
20	Ajo castilla [8]	Proinpa	Control	Lt y Lp	1.5 lt

At=adulto ticona, Ap=adulto polilla, Lt=larva ticona, Lp=larva polilla; [1] =extracto de *Satureja parvifolia*, [2] = extracto de *Hedeoma mandoniana*, [3] = extracto de *Senecio sp.*, [4] = extracto de *Schinnus molle,* [5] = extracto de *Parastrepha lucida*, [6] = extracto de *Bacharis incarum*, [7] = extracto de *Allium sativum*, [8] = extracto de *Allium ampeloprasum*

Las innovaciones tecnológicas en desarrollo para el MEP-quinua están orientadas más para el control de larvas de las dos plagas clave del cultivo (Cuadro 3), de las cuales destacan el insecticida con saponina que viene investigando el Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles (CPTS) y los extractos de plantas nativas (Totorilla, K'ela y Lampaya) en desarrolló por el Centro Nacional de la Quinua (CNQ) ubicado en Salinas de Garci Mendoza, Oruro, dependiente de la UTO. La Fundación PROINPA está trabajando en el desarrollo de nuevos componentes del manejo de las plagas del cultivo, sobresaliendo las investigaciones sobre enemigos naturales, particularmente estudios relacionados con parasitoides tanto de la polilla como de ticonas, y trabajos sobre el Virus de la Poliedrosis Nuclear (VPN), entomopatogeno que a través de epizootias naturales regula la población larval de ticonas. Del mismo modo, PROBIOMA viene incursionado en la investigación de biorregulares de las plagas de la quinua, empleando microorganismos colectados en las zonas de producción del cultivo. Por otra parte, PROINPA está desarrollando nuevos modelos de trampas con feromona con el fin de mejorar su eficiencia, dispositivos que se validaran la siguiente campaña agrícola.

Cuadro 3.
Tecnologías en desarrollo para el MEP-quinua, Altiplano Sur, 2012.

No.	Innovación	Institución responsable	Estrategia/control	Plaga objetivo
1	Insecticida con saponina	CPTS	Control	Lp
2	Extracto de Totorilla[1]	CNQ-UTO	Control	Lt y Lp
3	Extracto de Kéla[2]	CNQ-UTO	Control	Lt y Lp
4	Extracto de Lampaya[3].	CNQ-UTO	Control	Lt y Lp
5	Barreras vivas	CNQ-UTO	Preventivo	At, Ap, Lt y Lp
6	Biorreguladores	UTO/Probioma	Control	Lt y Lp
7	VPN[4]	Proinpa	Control	Lt
8	Parasitoides	Proinpa	Control	Lt y Lp
9	Trampa para feromona "sombrerito"	Proinpa	Preventivo	At

At=adulto ticona, Ap=adulto polilla, Lt=larva ticona, Lp=larva polilla; [1] = *Cheilanthes pruinata*, [2] = *Lupinus altamuntanus*, [3] = *Lampaya sp.*, [4] = Virus de la poliedrosis nuclear: *Helicoverpa armigera*

Limitaciones o dificultades que involucra el uso de las tecnologías MEP-quinua

De acuerdo a las visitas a campo y los resultados de las encuestas y entrevistas, los agricultores señalaron el uso de catorce alternativas para el MEP-quinua (Cuadro 4); no obstante, solo ocho fueron las más utilizadas por ellos (mayor al 15%): 1) trampas con feromona, 2) extractos botánicos, 3) muestreo de larvas, 4) Entrust, 5) biosulfocal local, 6) biol, 7) Acaritp y 8) trampa luz (Figura 1). Esto está en concordancia con lo señalado por Ortiz *et al*. (1997), "es necesario que los agricultores dispongan de un menú de opciones", para que puedan seleccionar las que mejor se adaptan a sus condiciones de producción, tenga facilidad de acceso, estén disponibles en el mercado y su costo sea accesible. Según el Cuadro 4, entre las razones por las cuales los agricultores usaron las diferentes alternativas de control recomendadas para el MEP-quinua están: el control (C), la calidad orgánica (CO), la recomendación por otro productor (RP), para experimentar (PE), el manejo (M) y la detección de larvas (DL); en cambio fueron diez las causas de no uso de las tecnologías recomendadas: el costo (CT), el manejo (M), la potencia de la luz de trampa (PL), el lugar de adquisición (LA), las condiciones climáticas (CL), la disponibilidad en el mercado (DM), el desconocimiento de su existencia (DE), la ausencia de plagas (AP), la desconfianza (DC) y el olor (OL).

Cuadro 4.
Causas detectadas en el uso de tecnologías MEP-quinua, Altiplano Sur, 2012.

No	Tecnologías MEP-quinua	Causa de uso						Causa de no uso									
		C	CO	M	RP	PE	DL	CT	M	PL	FA	CL	DM	DE	AP	DC	OL
1	Trampa luz	x	x	-	-	-	-	x	x	x	x	x	x	-	-	x	-
2	Trampa feromona	x	x	x	x	x	-	-	-	-	x	x	x	x	-	-	-
3	Rama muña	x	x	-	-	-	-	-	x	-	-	-	x	x	-	x	-
4	Muestreo larvas	x	-	-	x	-	x	-	x	-	-	-	-	x	-	-	-
5	Extractos	x	x	-	x	x	-	x	x	-	-	-	x	-	x	x	x
6	Biosulfocal local	x	x	-	x	x	-	x	-	-	-	-	x	x	x	x	x
7	Biol	x	x	-	x	-	-	x	x	-	-	-	x	x	-	x	-
8	Acaritop	x	x	-	-	x	-	x	x	-	x	-	x	x	x	x	x
9	Biosulfocal	x	x	-	-	x	-	x	x	-	-	-	x	x	-	x	x
10	Biogal	x	x	-	x	-	-	x	x	-	x	-	x	x	x	x	
11	Jabón cálcico	x	-	-	-	x	-	-	-	-	x	-	x	x	-	x	x
12	Ecofoliar	-	-	-	-	x	-	x	-	-	x	-	x	x	-	-	-
13	Entrust	x	x	x	x	x	-	x	-	-	x	-	x	x	-	-	-
14	Master Down	x	-	-	-	x	-	-	-	-	x	-	x	x	x	x	-
	Total	13	10	2	7	9	1	9	8	2	8	2	13	12	5	9	5

C=control, CO=calidad orgánica, M=manejo, RP=recomendación otro productor, PE=para experimentar, DL=detectar larvas, CT=costo, PL=potencia luz, FA=facilidad de acceso, CL=condiciones climáticas, DM=disponibilidad en el mercado, DE=desconocimiento de su existencia, AP=ausencia de plaga, DC=desconfianza, OL=olor.

Las causas señaladas explican la complejidad del proceso de apropiación del conocimiento para la adopción tecnologías MEP-quinua a nivel social, por eso la importancia de hacer el análisis desde la perspectiva psicosocial (relacionamiento de los productores en sus respectivos entornos sociales) que de acuerdo a Guillen (2002), además de considerar los componentes científicos, técnicos y económicos, se centra en el componente humano; tomando en cuenta los procesos cognoscitivos y la interacción e influencia social que se producen entre los diferentes actores sociales.

Para los productores, la no utilización de las alternativas tecnológicas generalmente es atribuido a la falta de disponibilidad en el mercado (DM), lugar de adquisición (LA) y costo (CT); situación que podría ser explicada por la ausencia de centros de comercialización de estos insumos en el Altiplano Sur, además los pocos que existen están distantes de las comunidades donde se produce la quinua, a su vez en la última campaña agrícola (2011-2012) ingresaron al mercado nacional dos productos importados (Entrust, Ecofoliar) con eficiencia reconocida pero de precios elevados.



Figura 1.
Aceptación de las alternativas tecnologícas para el MEP-quinua por los productores, Altiplano Sur, 2012.

También es importante señalar que entre otras razones para no usar las tecnologías fueron: el olor que emiten estos productos (OL) y la ausencia de la plaga (AP), esto último particularmente se observó en el área de Potosí, donde las precipitaciones pluviales en este año fueron óptimas e inclusive algo excesivas en algunas zonas, factor que realizó el control natural la población larval de las plagas de la quinua (ticonas y polilla), razón por el cual muchos productores no realizaron las aplicaciones de control, en consecuencia varios bioinsumos adquiridos para este fin serán empleados al siguiente año.

La Figura 1 muestra la relación de los porcentajes de aceptación de las tecnologías MEP-quinua, donde se destacan las trampas con feromona y el muestreo de larvas, las cuales fueron usados por más 45% de los agricultores encuestados, destacando entre ellas la trampa con feromona con 69% de aceptación; por otro lado, los productos Entrust, Biosulfocal local, Biol, Acaritop y la Trampa luz mostraron una aceptación menor puesto que son practicados entre el 24 y 16% de los productores; en cambio, las tecnologías con menor uso fueron el Biosulfocal, rama de muña, Biogal, Master Down, Jabón cálcico de saponina y Ecofoliar con 10, 9, 8, 4, 2 y 1%, respectivamente.

Conclusiones

- Se dispone de 20 innovaciones tecnológicas para el MEP-quinua, de las cuales 3 corresponden al manejo preventivo de los insectos plaga (trampas luz, trampa con feromona y rama de muña), una de monitoreo (muestreo de larvas) y 16 innovaciones dirigidas al control de larvas de ticona y polilla de la quinua (8 extractos botánicos y 8 bioinsecticidas).
- Los productores de quinua del Altiplano Sur señalaron el uso de catorce alternativas para el MEP-quinua; no obstante, solo ocho fueron las más utilizadas: trampas con feromona (69%), muestreo de larvas (45%), Entrust (24%), biosulfocal local (22%), extractos botánicos (21%), biol (19%), Acaritop (17%) y trampa luz (16%).

- Entre las principales razones para la preferencia de las alternativas tecnológicas están la eficiencia del producto y la calidad orgánica, sin embargo entre las causas para no usar las tecnologías fueron la falta de disponibilidad en el mercado, el desconocimiento, la desconfianza y la dificultad de su acceso.
- Los productores de quinua orgánica manifiestan múltiples causas al momento de decidir el uso o no de alguna tecnología para el MEP-quinua, lo cual muestra la complejidad y dinamismo implícito en el manejo ecológico de este cultivo.
- Los bioinsecticidas que se ofertan en el mercado nacional muestran eficiencias de control aceptables para la producción orgánica (≤ 55%), sin embargo los productores demandan productos con mayor eficiencia.

Agradecimientos. A la Fundación McKnight, de los Estados Unidos de Norte América, por el financiamiento del presente trabajo a través de la consultoría "Consensuar acuerdos entre los actores de producción orgánica para reducir los riesgos de contaminación con residuos de plaguicidas del grano de quinua", ejecutada por la Fundación PROINPA.

Referencias citadas

Aroni, J.C., M. Cayoja y M. Laime. 2009. Situación Actual al 2008 de la Quinua Real en el Altiplano Sur de Bolivia. Fundación AUTAPO, COMPASUR. Oruro, Bolivia. 180p.

Garforth, C. 1993. Extension techniques for pert management. p. 247-265. En: Decision tools for pest management. C. A. Norton y J. D.Mucuford (Eds.). CAB international. Reino Unido.

Guillén, L. 2002. El perfil psicosocial: un nuevo paradigma en transferencia de tecnología agrícola. Rev. Desarrollo Rural. Fac. Agron. (UCV) Números 4 y 5. 103-122.

Guillén, L; D. Alcalá, A. Fernández y C. Álvarez. 2008. Percepción de los agricultores sobre el manejo integrado de plagas en el cultivo de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.). En Rev. Fac. Agron. (LUZ). 25: 223-242

Gutiérrez, Z. 2012. Atlas Productivo de la Quinua Real. Fundación AUTAPO, COMPASUR. Oruro, Bolivia, 192 p.

IBCE. 2013. Instituto Boliviano de Comercio Exterior. Bolivia, Exportaciones de Quinua. En Boletín Electrónico Bimensual No 195. Febrero de 2013. 1p. Disponible en: http://www.ibce.org.bo/ibcecifras/195/CIFRAS-195-Exportaciones-quinua.pdf (consultado el 20 marzo de 2013).

Morales, P. 2011. Tamaño de Muestra: ¿Cuántos sujetos necesitamos?. Estadística aplicada a las Ciencias Sociales. Universidad Pontificia Comillas. Facultad de Humanidades. Madrid. España. 24p. (Disponible en: http://www.upcomillas.es/personal/peter/investigacion/Tama%F1oMuestra.pdf, consultado el 25 mayo de 2012).

Ortiz, O., J. Alcázar y M. Palacios. 1997. La enseñanza del manejo integrado de plagas en el cultivo de la plaga: la experiencia del CIP en la zona andina del Perú. Revista Latinoamericana de la papa, ALAP. 1:9-10.

PROINPA, 2008. Fundación para la Promoción e Investigación de Productos Andinos, Informe Proyecto "Herramientas Para el Desarrollo del Manejo Integrado de Plagas en la Producción de Quinua Orgánica" periodo Nov 2007-Junio 2008, Fundación AUTAPO, La Paz, Bolivia, 53 p.

Efecto insecticida del extracto de locoto (*Capsicum pubescens*) sobre plagas lepidópteras de la quinua en condiciones de campo

Luis Crespo; Ilich Figueroa; Bilma Ríos; Raúl Saravia.

Fundación PROINPA.

E-mail: l.crespo@proinpa.org

Resumen

La Quinua (***Chenopodium quinoa,*** Wild) es uno de los cultivos más importantes en Bolivia, la producción alcanza un promedio de 23.200 toneladas y unas 40.000 familias en los Altiplanos Norte, Sur y Central se encuentran vinculadas a su producción. Uno de los factores limitantes en la producción de la quinua es la incidencia de insectos plaga como las ticonas y la polilla de la quinua ***Eurisacca quinoae*** que ocasionan grandes daños afectando la calidad del grano y ocasionando pérdidas económicas en la producción. Una alternativa de control orgánico se constituye los extractos de plantas como el de locoto obtenido a través de una extracción hidroalcolica por PROINPA. Ensayos en Crucero Belén (Oruro) muestra que el extracto de locoto en la dosis de 100 ml / 20 litros (0.5% de concentración) tiene una eficiencia de control de 83 % de larvas en I y II estadío de ***H. gelotopoeon*** (ticona) y 56 % en larvas de polilla de la quinua. En Chacala (Uyuni) el extracto de locoto en la dosis de 100 ml / 20 litros tiene una eficiencia de control de 63 % de larvas I y II estadío de ***H. gelotopoeon*** (ticona) y 45 % en larvas de polilla de la quinua. La diferencia en la eficiencia de control entre localidades se debe principalmente a la diferencia en la presión de la plaga observada entre localidades. Por lo que se determina que el producto es eficiente en aplicaciones preventivas.

Palabras claves: *Capsicum pubescens*; *Eurysacca quinoae*; *Helicoverpa gelotopoeon*; extractos.

Introducción

La Quinua (*Chenopodium quinoa,* Wild) es uno de los cultivos más importantes en Bolivia, la superficie cultivada se extiende hasta 35.700 hectáreas, la producción alcanza un promedio de 23.200 toneladas y alrededor de 40.000 familias en los Altiplanos Norte, Sur y Central se encuentran vinculadas a la producción de este cultivo (PROINPA, 2005). El grano contiene proteínas, grasas, carbohidratos, minerales y aminoácidos como la lisina, isoleucina, treonina, triptofano y valina, cuyo balance cubre todos los requerimientos en cuanto a nutrición (FAO, 1994). Uno de los factores que influye negativamente en la producción del cultivo de la quinua es la incidencia de una gran variedad de insectos plaga como el llamado "complejo ticona" integrado por varias especies de mariposas nocturnas como *Copitarsia incommoda, Helicoverpa gelotopoeon y Agrotis andina,* y la polilla de la quinua *Eurisacca quinoae* (PROINPA 2010). El nivel de daño económico para la polilla de la quinua es de 6 y 7 larvas por planta para el cultivo de quinua de la variedad Jacha Grano (Arragan, 2010). Estas plagas en su estado larval ocasionan grandes daños al cultivo afectando la calidad del grano y ocasionando pérdidas económicas en la producción.

En el afán de controlar estas plagas dentro un contexto de producción orgánica, se recurre a diferentes extractos de plantas, entre ellas el extracto de locoto (*Capsicum pubescens*), este género de plantas producen la capsaicina, como un metabolito secundario que actúa como un repelente contra el ataque de herbívoros y como un insecticida de contacto. La capsaicina pura es un compuesto lipofílico, inodoro, incoloro.

Objetivos

- Evaluar la eficiencia del extracto de locoto (*Capsicum pubescens*) para el control de la ticona de la quinua *H. gelotopoeon* y polilla de la quinua *E. quinoae* en dos localidades del Altiplano.
- Diferenciar la eficiencia del producto sobre estadíos larvales de *H. gelotopoeon*.

Material y métodos

Localización: El trabajo fue realizado en dos partes: una primera parte la obtención del extracto de locoto, actividad realizada en instalaciones de la Fundación PROINPA en El Paso - Cochabamba; y una segunda parte las pruebas de campo en parcelas de quinua en los departamentos de Oruro (Crucero Belén, Cercado) y Potosí (Chacala, Uyuni).

Proceso obtención extracto de locoto

Procesamiento del locoto: El proceso de extracción comienza con la obtención de locoto fresco en el mercado local, y trasladado a las instalaciones de PROINPA donde como primer paso se cortan y se eliminan los pedúnculos, posteriormente se procede al pesado y picado de los locotos utilizando un procesador de alimentos. Este material

picado fue dispuesto en bandejas de malla y colocados en un secador solar, hasta estar completamente seco. Se recogió este material y se volvió a picar en una licuadora para obtener pedazos más pequeños.

Extracción hidroalcohólica: Este locoto seco fue colocado en la máquina de "extracción continua" donde el locoto seco entra en contacto con una solución solvente de agua y alcohol etílico al 70% y se procede a la extracción hidroalcólica por un periodo de 4 horas. Las proporciones a usar son de 5 litros de solvente por un kilo de locoto seco. El producto final es el extracto hidroalcólico de locoto con alto contenido de alcohol.

Evaporación del alcohol: El extracto hidroalcólico obtenido pasa al "Evaporador" máquina donde mediante un proceso de alta temperatura y baja presión se evapora el alcohol del extracto, obteniéndose al final un concentrado de extracto de locoto libre de alcohol y con alto contenido de capsaicina, por lo tanto muy pungente. Este producto final es el que se utilizó en las pruebas de eficiencia de campo

Ensayos de campo

Los materiales utilizados en los ensayos de campo fueron: una mochila aspersora, flexo o huincha, cordel blanco para delimitación, estacas y planillas de evaluación, balde, probeta.

La implementación de los ensayos de campo se inicio con la identificación de parcelas de quinua de agricultores en las comunidades de Crucero Belén (Oruro) y Chacala (Uyuni), las plantas tenían una altura aproximada de 70 centímetros y se encontraban en la fase fenológica de grano lechoso, en ambas parcelas se verifico la presencia de larvas de ticonas y la polilla de la quinua antes de la aplicación de los tratamientos.

El producto evaluado fue el extracto concentrado de locoto, procedente del primer lote de producción de la planta de extractos de PROINPA. Las dosis consideradas se describen a continuación. Como producto de eficiencia conocida y como control positivo se utilizó el Entrust (Spinosad 80%) producido por Dow Agroscience, producto que está aceptado en la producción orgánica.

- **T1:** Dosis 100 ml/mochila (20 Litros)
- **T2:** Dosis 50 ml/mochila (20 Litros)
- **T3:** Dosis 25 ml/mochila (20 Litros)
- **T4:** Entrust (dosis recomendada) como control positivo
- **T5:** Testigo (Aplicación sólo con agua) como testigo absoluto

A todos los tratamientos se añadió aceite vegetal (Natural Oil) en la dosis recomendada. Los tratamientos fueron distribuidos en bloques al azar con 5 tratamientos y 3 repeticiones, cada unidad experimental tenía 15 m^2 (5 surcos y 10 plantas por surco).

La variable de respuesta considerada fue el porcentaje de eficiencia de cada tratamiento, resultante del ajuste de mortalidad mediante la fórmula de Henderson - Tillton:

Formula de Henderson – Tilton

$$\% \text{ eficiencia} = \left(1 - \left(\frac{Td}{Cd} \right) x \left(\frac{Ca}{Ta} \right) \right) x\ 100$$

Donde: **Ta** = Infestación antes del tratamiento.
Td = Infestación después del tratamiento.
Ca = Infestación testigo antes del tratamiento.
Cd = Infestación testigo después del tratamiento.

Los datos recabados para obtener el porcentaje de eficiencia fueron:

- Población inicial de la plaga, para lo que se conto número de larvas de ticonas y polillas por planta
- Población después de la aplicación 24h después del tratamiento, para lo que también se contaron larvas de ticonas y polillas por planta, contando solo las larvas vivas.

En ambos casos el conteo de larvas de ticonas y polillas se realizó en 10 plantas seleccionadas al azar dentro de cada unidad experimental, tratando de no evaluar las mismas plantas, para esta evaluación se tomó en cuenta solo los 3 surcos centrales. Durante el conteo de poblaciones, en el caso de ticonas se diferenciaron a larvas de estadíos I y II (pequeñas), estadíos III y III (mediadas) y estadíos V y VI (grandes).

El análisis estadístico se realizó mediante ANOVA de un factor bajo un modelo general lineal. La comparación múltiple se realizó mediante prueba DMS (Diferencia Media Significativa), todos los análisis se realizaron con α=0.05 en el paquete estadístico SPSS.

Resultados y discusión

Proceso obtención extracto de locoto

El proceso de secado del locoto tomó un tiempo de 72 horas, periodo que puede alargarse en días nublados o lluviosos, el rendimiento obtenido en este proceso fue del 8 %, o sea que de 100 kilos de locoto fresco se obtienen 8 kilos de locoto picado y deshidratado.

En la obtención del extracto de locoto se utilizó un equipo especialmente diseñado para este propósito, donde se mezcló 20 kilos de locoto seco con 100 litros de una solución de agua más alcohol obteniéndose al final del proceso 50 litros de extracto hidroalcolico de locoto, este extracto hidroalcolico paso por un equipo de evaporación, donde se eliminó el alcohol, obteniéndose al final 20 litros de extracto de locoto concentrado.

Ensayos de campo

En ambas localidades para el caso de las ticonas se observó una predominancia de la especie *Helicoverpa gelotopoeon*.

Los resultados del ensayo realizado en la comunidad de Crucero Belén (Oruro) fueron:

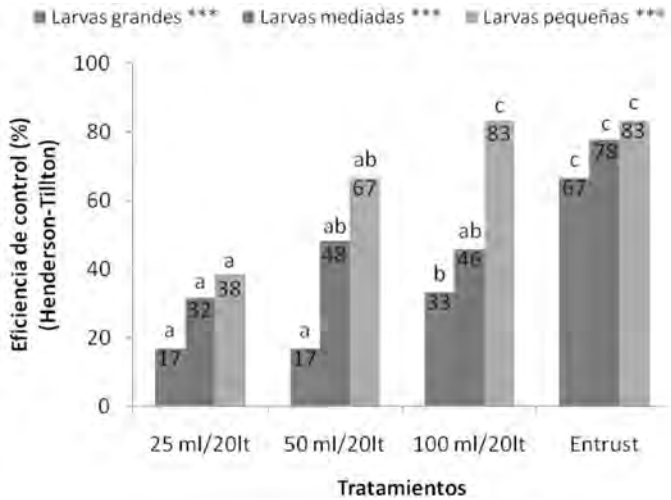


Figura 1.

Eficiencia de control de larvas de H. gelotopoeon 24 h después de los tratamientos. Ensayo en Crucero Belén – Oruro (ANOVA de un factor; comparación múltiple DMS α=0.05).

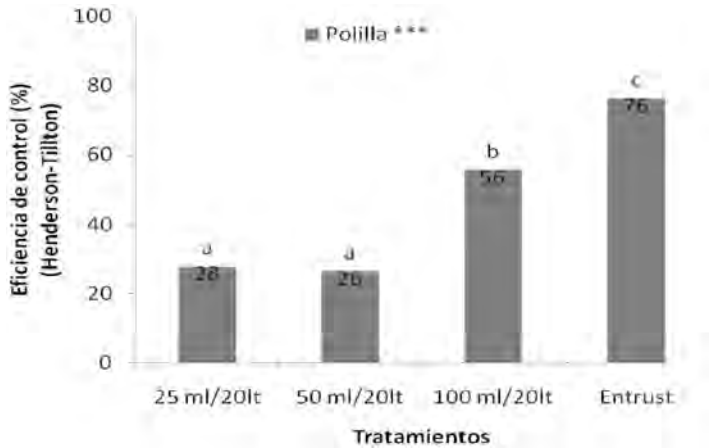


Figura 2.

Eficiencia de control de E. quinoae 24 h después de los tratamientos. Ensayo en Crucero Belén – Oruro (ANOVA de un factor; comparación múltiple DMS α=0.05).

Se observa diferencias significativas entre tratamientos, (Figura 1) con la dosis de 100 ml / 20 litros se obtiene una eficiencia del 83 % para el caso de larvas pequeñas, igual a la eficiencia del Entrust (control positivo), esta eficiencia disminuye en el caso de larvas medianas y larvas grandes, mostrando diferencias estadísticas significativas respecto a los demás tratamientos.

En el caso de *E. quinoae*, Figura 2, se observa que la dosis de 100 ml / 20 litros registró una eficiencia del 56 %, muy por debajo de la eficiencia del tratamiento con Entrust que registró 76 % de eficiencia.

Los resultados del ensayo realizado en la comunidad de Chacala (Uyuni) fueron:

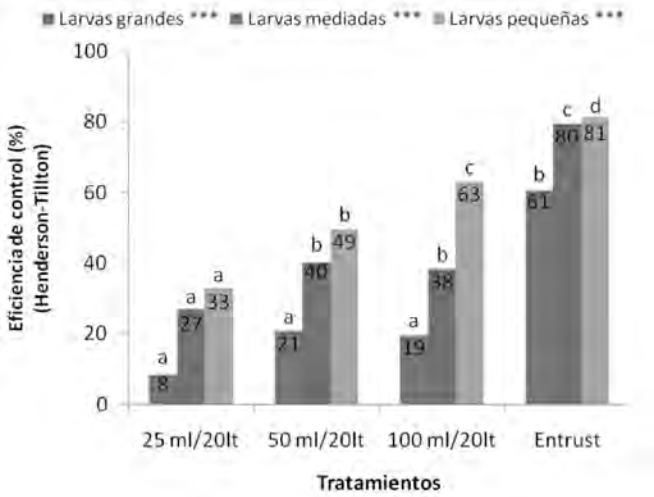


Figura 3.
Eficiencia de* control de H. gelotopoeon 24 *h después de los tratamientos. Ensayo en Chacala – Uyuni (ANOVA de un factor; comparación múltiple DMS α=0.05).

En el caso de la parcela de Uyuni, Figura 3, al igual que en el anterior caso, con la dosis de 100 ml / 20 litros se tiene la mayor eficiencia de control en larvas pequeñas con 63 %, eficiencia por debajo de la eficiencia obtenida con Entrust (control positivo). La eficiencia baja en el caso de las larvas medianas y grandes muestra mayor mortalidad que los otros tratamientos especialmente en larvas pequeñas pero menor mortalidad respecto al Entrust (control positivo).

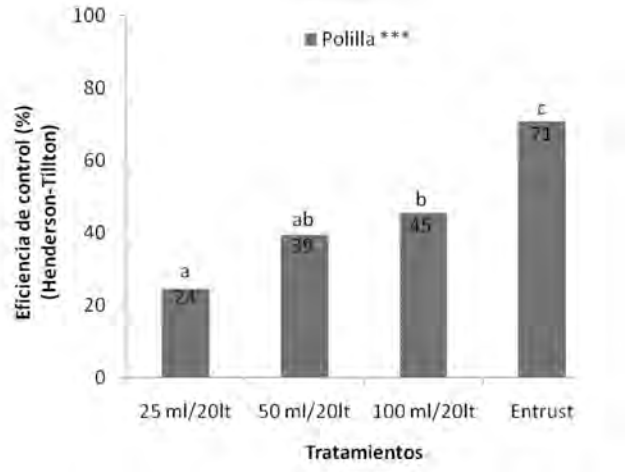


Figura 4.
Eficiencia de control de E. quinoae 24 h después de los tratamientos. Ensayo en Chacala – Uyuni (ANOVA de un factor; comparación múltiple DMS α=0.05).

En el caso de *E. quinoae*, Figura 4, se observa efecto similar al anterior, donde la dosis de 100 ml / 20 litros es la que muestra mayor eficiencia de control pero por debajo de tratamiento con Entrust (control químico).

En anteriores trabajos (Aroni y Saravia, 2008) probaron extractos de molle y muña a una concentración de 2,5 % (500 ml / 20 litros) obteniendo eficiencias de control de hasta 55 %. El presente trabajo muestra que el extracto de locoto concentrado usado en una concentración de 0.5% (100 ml / 20 litros) muestra efiencias de control superior, lo que lo hace un producto interesante para ser incluido en las estrategias de control de plagas de la quinua en la producción orgánica.

Conclusiones

- En el ensayo realizado en Oruro (Altiplano Centro), el extracto concentrado del locoto a la dosis de 100 ml / 20 litros tiene una eficiencia de control sobre ticonas de 83 %. en larvas I y II (pequeñas), 46 % en larva II y III (medianas) y 33 % en larva IV y VI (grandes).
- En el ensayo realizado en Uyuni (Altiplano Sur), el extracto concentrado del locoto a la dosis de 100 ml / 20 litros tiene una eficiencia sobre *H. gelotopoeon* de 63 %. en larvas I y II (pequeñas), 38 % en larvas II y IV (Medianas) y 19 % en larvas V y VI (grandes)
- La eficiencia del extracto concentrado de locoto a la dosis de 100 ml / 20 litros sobre polilla de la quinua *E. quinoae* fue de 46 % en Oruro y 45 % en Uyuni.

- Las diferencias en los valores de mortalidad observados entre las localidades se deben principalmente a la diferencia en las densidades poblacionales entre localidades, observándose menor densidad poblacional de ambas plagas en la parcela de Oruro.
- Por los resultados obtenidos en el presente trabajo podemos concluir que la dosis de 100 ml / 20 litros es la que mejor efecto de control tiene para ambas plagas, y que además ejerce mejor control en larvas de estadíos menores, por lo que la práctica que aseguraría un alto nivel de control es aplicar el producto de forma preventiva o a la aparición de la plaga en la parcela, cuando las densidades poblacionales son aún bajas.

Agradecimientos. Los autores agradecen el financiamiento del proyecto IP-Holanda.

Referencias citadas

FAO. 1994. La quinua, cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria. Oficina regional para América Latina y el Caribe.

Fundación PROINPA, Fundación AUTAPO. 2005. Módulo 2: Manejo Agronómico de la Quinua Orgánica. La Paz, Bolivia. 105 p.

Aroni, G.; Saravia R. 2008. Evaluación de la eficiencia de ecoplaguicidas en el control de Noctuideos (ticonas y kcona kconas) en *Quenopodium quinoa* Willd. En informe del proyecto desarrollo de ecoplaguicidas para el control de plagas insectiles del cultivo de la quinua. Fundación PROINPA.

Arragan T., Fanny. 2010. Nivel de daño económico de la polilla de la quinua (*Eurysacca quinoae*) en la localidad de Jalsuri – Altiplano Central. Tesis d grado Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía, Carrera de Ingeniería Agronómica. La Paz, Bolivia.

Saravia, R., A. Bonifacio y J. Aduviri. 2010. La identificación de enemigos de la Quinua, una tarea esencial en el MIP. In Compendio de Actividades Fundación PROINPA 2010, pag. 27-29.

Virulencia de hongos entomopatógenos *Beauveria* sp. *y Metarhizium* sp. en el control de larvas de *Helicoverpa gelotopoeon* plaga del cultivo de la quinua

Bilma Ríos; Ilich Figueroa; Mayra Claros.

Fundación PROINPA.

E-mail: bilma_rios@hotmail.com

Resumen

Para probar la eficiencia de control biológico de larvas de ticona de la quinua ***Helicoverpa gelotopoeon*** con hongos entomopatógenos***,*** se probó la virulencia de 27 aislamientos del hongo ***Beauveria sp.*** y nueve de ***Metarhizium sp*** obtenidos de muestras de suelo provenientes del Altiplano Boliviano. Se seleccionaron 3 cepas de ***Beauveria*** Bv06, Bv19 y Bv26 y 1 de ***Metarhizium*** Mth01 que resultaron más virulentos para el control de esta plaga. Con esta selección se prosiguió a determinar la productividad en peso y concentración de conidias concluyendo que la cepa Bv06 tiene mayor concentración de conidias ($3{,}38x10^{12}$ n° células/ml) y la menor concentración es de Bv19 ($8{,}25x10^{10}$). La concentración letal media de las tres cepas seleccionadas (CL_{50}) expresado en n° células/ml, resultó en $1{,}61x10^{11}$ para la cepa Bv26, $1{,}16x10^{11}$ para Bv19 y $5{,}8x10^{11}$ para Mth01. Estos resultados son muy altos y plantean la necesidad de utilizar concentraciones altas en conidias para lograr niveles de control aceptables. En el bioensayo de eficiencia en invernadero, se utilizó a la cepa ganadora ***Beauveria*** sp. Bv19 ya que ésta fue más virulenta sobre las larvas de ***H. gelotopeon***. Sin embargo, la eficiencia mostrada no llegó al 10%, resultado que coincide con la alta CL_{50} obtenida en el ensayo preliminar. Con estos resultados se concluye que el hongo ***Beauveria*** sp**.** no es un microorganismo interesante para el control de larvas de ticona de la quinua ***H. gelotopoeon***, pero abre una interesante posibilidad para explorar la virulencia de estas cepas sobre otras plagas lepidópteras en cultivos que se desarrollen en condiciones más favorables para el hongo.

Palabras claves: Entomopatogenos; ***Helicoverpa gelotopoeon; Beauveria, Metarhizium*****;** control biológico.

Introducción

El uso indiscriminado de plaguicidas sintéticos es frecuente en la agricultura moderna, lo cual conlleva a efectos adversos tales como la mala calidad de los productos, daño ambiental y deteriora la salud de los animales y el hombre. Hoy existen grandes extensiones de monocultivos, donde se aplican indiscriminadamente insecticidas químicos para el control de plagas, los cuales han alterado el balance entre los elementos de la naturaleza (Chacón, *et al*. 2009). Debido a esta situación se hace necesario mejorar los sistemas agrícolas a través del desarrollo de nuevas alternativas para el control de plagas con el fin de tratar de re-establecer el equilibrio de los agro-ecosistemas, ya sea con organismos antagonistas como depredadores o parasitoides y, también, el uso de microorganismos entomopatógenos como bacterias, virus y hongos que se desarrollan y se reproducen en insectos plaga (Chacón, *et al*. 2009).

Los hongos entomopatógenos infectan individuos en todos los órdenes de insectos; la mayoría comúnmente son Hemíptera, Díptera, Coleóptera, Lepidóptera, Hymenóptera y Orthóptera (David 1967 citado por Tanada y Kaya, 1993. Ferron *et al.* 1975). En algunos órdenes de insectos los estados inmaduros (ninfas o larvas) son más susceptibles que los estados adultos, en otros puede suceder lo contrario. Los estados de huevo y pupa no son frecuentemente infectados por los hongos (Tanada y Kaya, 1993).

Metarhizium y *Beauveria* son hongos entomopatógenos de suelo ampliamente conocidos y utilizados para el control biológico de plagas de insectos a nivel agrícola en muchos países, incluidos Estados Unidos, Brasil, Australia y Filipinas entre otros (Driver *et al* 2000). Su ciclo vital es simple; posee una unidad infecciosa que es asexual un conidiosporo haploide que se forma en cadenas o fialides. Los conidios germinan en la cutícula de un insecto susceptible, produce un tubo germinativo que penetra dentro de las cavidades del cuerpo donde el hongo prolifera como hifas hasta que mata al huésped. Después de muerto, si las condiciones de humedad y calor son adecuadas, el hongo crece a través de la cutícula formando nuevos conidios aéreos (Melgar, *et al*.2004).

Como parte de estudios de microorganismos benéficos de suelo en zonas productoras de quinua, se han aislado varias cepas de hongos entomopatógenos del género *Beauveria* y *Metarhyzium* en algunas muestras de suelo provenientes de campos de cultivo y áreas adyacentes a estos campos del Altiplano Boliviano. El presente estudio pretende determinar la virulencia de estas cepas aisladas sobre larvas de "Ticona de la quinua" *Helicoverpa gelotopoeon* (Lepidoptera: Noctuidae) plaga clave del cultivo de la quinua y la perspectiva de estos hongos entomopatógenos como potenciales bio-controladores de esta plaga. Para lograr este propósito, se plantearon los siguientes objetivos:

- Seleccionar las cepas más virulentas de *Metarhizium* sp. *y Beauveria* sp. procedentes del Altiplano sobre larvas de *Helicoverpa gelotopoeon*.
- Determinar la productividad de conidias de las 3 cepas virulentas de *Beauveria* sp y *Metarhizium* sp.

- Determinar el DL_{50} de la mejor cepa de ambas especies de hongos sobre larvas de *H. gelotopoeon* en condiciones controladas de humedad y temperatura.
- Determinar la eficiencia de la mejor cepa de ambas especies de hongos sobre larvas de *H. gelotopoeon* en condiciones de invernadero.

Material y métodos

El presente estudio se realizó en las instalaciones del Laboratorio de Entomología, Laboratorio e Invernadero de Microbiología de la Fundación PROINPA, ubicada en El Paso, provincia Quillacollo del departamento de Cochabamba.

Insectos: Se realizaron los bioensayos y experimentos con larvas de *Helicoverpa gelotopoeon* (Lepidoptera: Noctuidae) criadas artificialmente en condiciones controladas de laboratorio (25º-28ºC) Temperatura (60-70%) Humedad y Fotoperiodo (14D:10N) en la sala de cría del laboratorio de Entomología.

Etapa 1: Activación de las cepas de *Beauveria y Metarhizium:* Se reactivaron las cepas de colección de hongos entomopatogenos del cepario de la Fundación PROINPA para el caso de *Beauveria* sp. 27 cepas y 9 cepas de *Metarhiziun* sp. provenientes del Altiplano. Para lo cual se utilizó medio de cultivo de Papa Dextrosa Agar (PDA**)** donde se sembró el hongo para su crecimiento en incubadora a 20º C por 15 días, Pasado este tiempo se evidenció la esporulación de las colonias de hongos en el medio, con lo cual se iniciaron las pruebas de virulencia.

Etapa 2: Prueba de virulencia sobre larvas de *Helicoverpa gelotopoeon:* Para realizar los bioensayos se utilizaron larvas provenientes de la cría del laboratorio, de 2do. a 3er. estadío en buenas condiciones sanitarias. Se utilizaron 10 larvas por cada cepa de hongo, las cuales fueron colocadas directamente sobre las colonias esporuladas del hongo en medio artificial hasta que se impregnaron completamente con las conidias. Posteriormente fueron colocadas en envases de 100 ml con tapa hermética y una porción (aprox. 1 cm^3) de dieta artificial sin aditivos antifúngicos. Se revisó diariamente por el lapso de 14 días (tiempo necesario hasta la pupación) y se registraron la cantidad de larvas muertas. Éstas fueron llevadas a cámara húmeda para asegurarse que la mortalidad fue por los hongos entomopatogenos y no por otras causas.

Etapa 3: Evaluación de producción masiva de las cepas más virulentas: Con las tres mejores cepas resultantes del primer bioensayo, se realizó una prueba de producción en medio artificial: (a) Producción de blastosporas en medio PDA líquido e (b) Inoculación y esporulación sobre 500 gr de arroz esterilizado en bolsas cerradas de Poliuroetano. Se cuantificó la productividad de cada cepa expresado en gr. de conidias por bolsa, y la concentración expresado en número de conidias por gr. por medio de cámara de Neubauer.

Etapa 4: Determinación de la CL_{50} de la cepa más virulenta: La inoculación en larvas se realizó por inmersión, para lo cual se prepararon diluciones con 7 concentracio-

nes de conidias/ml: $8,25x10^7$ $1,65x10^7$, $8,25x10^6$, $8,25x10^6$, $1,65x10^6$, $8,25x10^5$ y Testigo (agua). Con las diferentes diluciones en frascos, se introdujeron 40 larvas de estadíos II y III de 10 en 10 durante 20 segundos para cada dilución. posteriormente, las larvas fueron individualizadas en frascos de 100 ml con dieta y evaluadas diariamente hasta la pupación, registrando las larvas muertas y cerciorándose que la muerte fue causada por el hongo en cámara húmeda. Con estos datos se determinó la Concentración letal media (CL_{50}) expresada en conidias por ml de solución, mediante el análisis PROBIT.

Etapa 5: Evaluación de la eficiencia insecticida de la mejor cepa en invernadero: Se infestaron plantas de quinua cultivadas en invernadero, en la fase fenológica de panojamiento, con 3 larvas de *H. gelotopoeon* de estadíos II y III; Posteriormente fueron introducidas en jaulas entomológicas y dejadas por 1 semana hasta la ambientación y establecimiento de las larvas. Se prepararon 3 concentraciones de conidias con la cepa más virulenta, con las cuales se realizó el tratamiento por aspersión mediante pulverizador manual. Se observó a partir del tercer día hasta que estas larvas entraron al estado de pupa. Las larvas muertas se colocaron en cámara húmeda para cerciorarse de la muerte por el entomopatógeno.

Análisis estadístico: La evaluación de la productividad de las cepas fue evaluada mediante Análisis de Varianza ANOVA de un factor bajo un modelo general lineal y comparación múltiple por prueba DMS (Diferencia media significativa). La determinación de la Concentración Letal Media CL_{50} se hizo a través de análisis de regresión PROBIT (log 10). La eficiencia de la cepa ganadora en invernadero se evaluó por ajuste de la mortalidad (fórmula de Abbot) y análisis de varianza ANOVA de un factor. Se usó α=0.05. Todo el análisis se realizó en el paquete estadístico SPSS.

Resultados y discusión

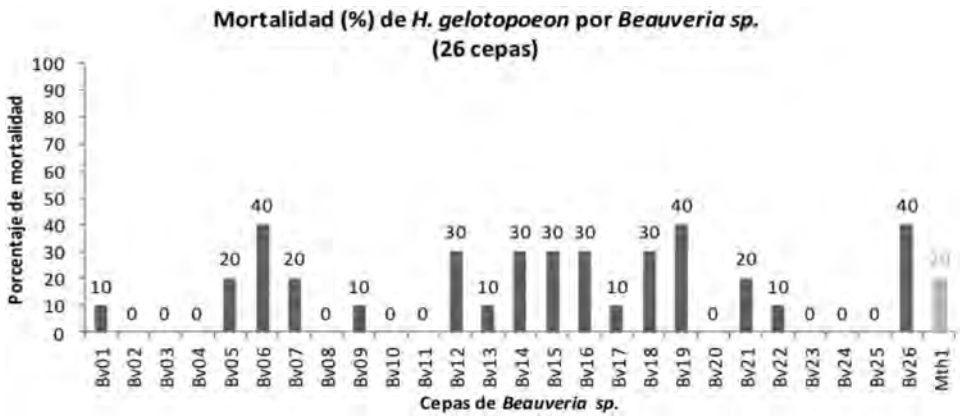


Figura 1.
Virulencia de las 26 cepas de Beauveria sp y 1 cepa de Metarhizium sp expresado en mortalidad de larvas de H. gelotopoeon.

Virulencia de cepas

Como resultado de la activación de la colección de hongos del laboratorio, 26 cepas de *Beauveria sp.* y 1 de *Metarhizium sp.* desarrollaron esporulación en placa petri sobre medio artificial PDA. Los resultados del bioensayo de virulencia muestran que 16 cepas de *Beauveria sp* y 1 cepa de *Metarhizium sp* son virulentas sobre *H. gelotopeon*, pero solamente 3 cepas lograron una mortalidad de 40% con *Beauveria sp*: Bv06, Bv19 y Bv26 y la mortalidad de la única cepa de Metarhizium sp. Mth1 llegó hasta 20%. El ensayo realizado en el presente estudio fue en condiciones de temperatura y humedad controlada. En un estudio similar, Tavassoli *et al.* (2008), evaluaron la eficacia de tres diferentes cepas de entomopatógenos del hongo *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana* para el control de ácaros. Los tratamientos fueron aplicados directamente sobre grupos de 30, colocados en platos Petri encontrando que las tres cepas evaluadas presentaron una tasa de mortalidad de 45,1% a 100% a los 8 días después de aplicados los tratamientos. Sin embargo, estos resultados difieren con los obtenidos en el presente estudio ya que se observaron mortalidades menores al 50% (Figura 1).

Productividad de conidias de las cepas de Beauveria sp. Bv06, Bv19, Bv26 y Metarhizium Meth01

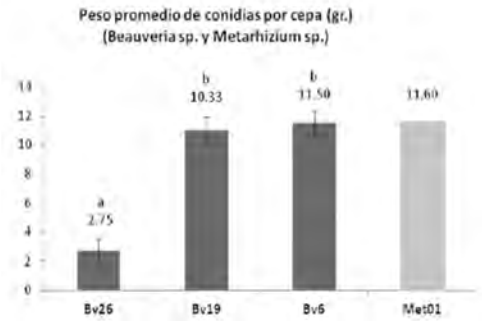


Figura 2.
Producción en peso de conidias de las cepas de Beauveria sp. Bv26, Bv19, Bv6 y etarhizium sp. Met01 (ANOVA de un factor, comparación multiple DMS).

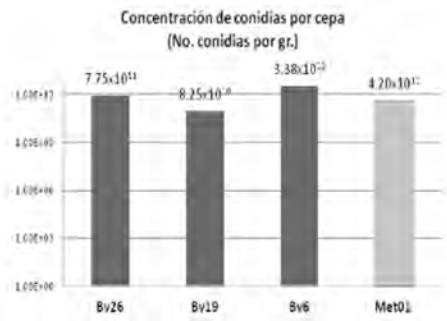


Figura 3.
Concentración de conidias por (# de conidias/ gr) de Beauveria sp Bv06, Bv19, Bv26 y Metarhizium Mth01.

El resultado de la comparación de productividad de las tres cepas muestra diferencias altamente significativas entre el peso logrado de las tres cepas. La cepa Bv06 tiene el mayor peso seguido por Bv19 y Meth01, el menor peso que se observa es la cepa Bv26 llegando a 2,75 gr de conidias (Figura 2). Las concentraciones de conidias varían dependiendo a la cepa, se observa que Bv26, Bv06 y Meth01 tienen productividad de conidias similares, en cambio Bv19 presenta un valor bajo $8{,}25 \times 10^{10}$ conidias/gr. (Figura 3). A partir de estos resultados podríamos considerar que la cepa más promisoria para producción masiva y formulación es Bv06.

Concentración letal media de las cepas de Beauveria sp. Bv06, Bv19, Bv26 y Metarhizium Meth01

Cuadro1.

Concentración letal media CL_{50} y concentración letal al 90% intervalo de confianza de Beauveria sp. Bv26, Bv19 y Metarhizium sp. Mth01.

			Intervalo de confianza	
		Concentración	Menor	Mayor
Bv26	**CL_{50}**	$1{,}61x10^{11}$	$2{,}4x10^{10}$	$1{,}27x10^{14}$
	CL_{90}	$8{,}8x10^{12}$	$3{,}37x10^{11}$	$2x10^{18}$
Bv19	**CL_{50}**	$1{,}16x10^{11}$	$4{,}2x10^{9}$	$3{,}9x10^{17}$
	CL_{90}	$2{,}4x10^{14}$	$4{,}8x10^{11}$	$1{,}45x10^{27}$
Mth01	**CL_{50}**	$5{,}8x^{10}11$	$5{,}4x10^{9}$	$8{,}59x10^{61}$
	CL_{90}	$4x10^{14}$	$1{,}8x10^{11}$	$2{,}84x10^{100}$

Las CL_{50} para las cepas Bv26, Bv19 y Mth01 sobre larvas de *H. gelotopoeon,* son $1{,}61x10^{11}$, $1{,}16x10^{11}$, $5{,}8x10^{11}$ conidias por ml respectivamente. Estos valores representan la concentración necesaria para que ocurra la muerte del 50% de larvas tratadas con *Bauveria* sp. y *Metarhizium* sp. Los resultados obtenidos de CL_{50} son bastante altos comparados con otros resultados: Según Bazán (2002) *Metarhizium anisofliae* es capaz de matar hasta un 100% de garrapatas hembras a las dosis de $1x10^{8}$ a $1x10^{9}$ conidias/ml. Así mismo, Falconi (2009) señala que la cepa de *Beauveria sp.* presentó el valor más alto con 4.6 x 10^{8} conidias/ml, el porcentaje de mortalidad es superiores al 50% sobre las ninfas del cuarto estadio *D. peruvianus*, respecto a este hecho, Feng *et al.* (1994) señalan que en general cepas de *B. bassiana,* tienden a mostrar gran virulencia sobre su hospedante original o sobre especies cercanamente relacionadas. En nuestro caso, los altos valores de CL_{50} pueden deberse a que las cepas de hongos fueron obtenidas de muestras de suelo y no así de individuos muertos por el hongo hallados en campo. Debido a que la cepa Bv19 fue la que presentó menor CL_{50}, fue utilizada para realizar el bioensayo de eficiencia en invernadero.

Eficiencia de la cepa Bv19 en invernadero

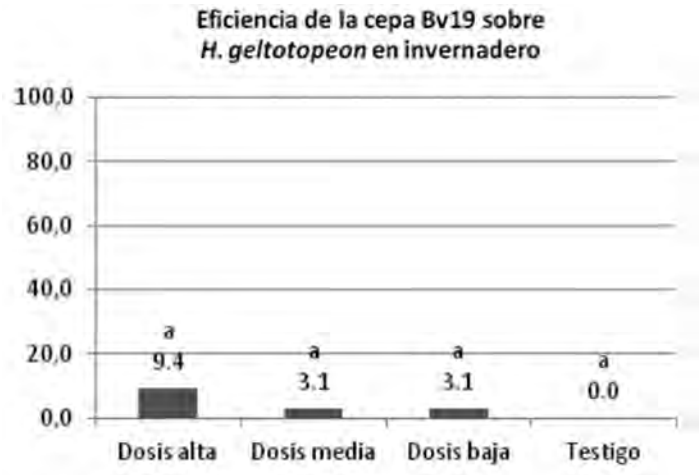


Figura 5.
Eficiencia de las Dosis alta, Dosis media, Dosis baja. Sobre las larvas de H. gelotopoeon en el invernadero (ANOVA de un factor, comparación múltiple DMS).

El resultado de la prueba en invernadero, muestra que no existen diferencias significativas entre las dosis (P<0.641). La mortalidad con la dosis alta llegó hasta 9.4% y con la dosis media y baja llego hasta 3.1% de mortalidad. La baja mortalidad producida por el hongo *Beauveria* sp Bv19 plantea la necesidad de utilizar concentraciones de conidias más elevadas de este hongo a fin de obtener una mayor virulencia, es decir, que el resultado de alta CL_{50} coincide perfectamente con la baja eficiencia del hongo sobre larvas de *H. gelotopoeon*. Los resultados obtenidos se pueden deber a que los entomopatógenos son exigentes en condiciones ambientales. Gonzales, *et al.* (2012) reporta que los hongos entomopatógenos necesitan condiciones ambientales de temperatura y de elevada humedad relativa para que su desarrollo y acción patógena sea la adecuada. Generalmente tardan una semana como mínimo en eliminar a la víctima o al menos en que esta deje de alimentarse. Sin embargo, las condiciones del Altiplano, donde se desarrolla *H. gelotopoeon* en el cultivo de la quinua son bastante secas y con baja temperatura.

Hongos entomopatogenos Beauveria sp. y Metarhizium sp.

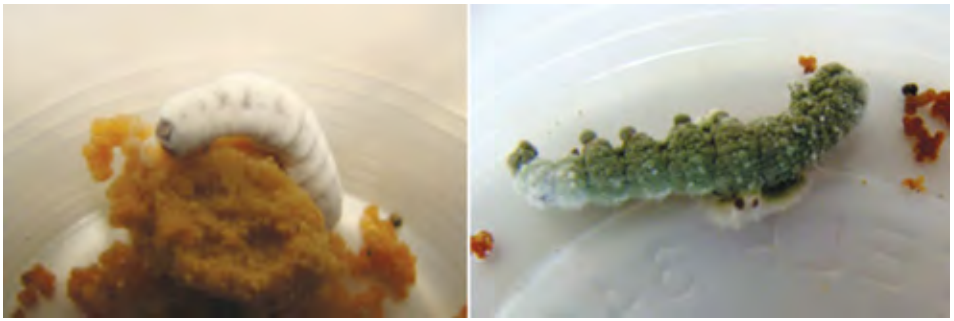


Figura 6.
a) Larva de H. gelotopoeon infectada con Beauveria sp. b) Larva de H. gelotopoeon infectada con Metarhizium sp.

Conclusiones

- De un total de 27 aislamientos de *Beauveria* sp., se seleccionaron tres más virulentos Bv26, Bv19, Bv06 y de nueve aislamientos de *Metarhizium* sp. se seleccionó 1 cepa Meth01.
- Se determinó que las cepas Bv19 y Bv06 son las más productivas en peso de conidias y concentración de expresado en número de células por ml. Lo que las hace interesantes para efectos de producción masiva y formulación.
- La concentración letal media de las cepas seleccionadas (CL_{50}) expresado en No. de células por ml. de solución, es de $1.61x10^{11}$ para la cepa Bv26, $1.16x10^{11}$ para Bv19 y $5.8x10^{11}$ para Mth01. Estos resultados son muy altos y plantean la necesidad de utilizar concentraciones altas en conidias para lograr niveles de control aceptables.
- El bioensayo en el invernadero se realizó con el aislamiento más virulento de *Beauveria* sp. Bv19. Sin embargo, la eficiencia mostrada en la prueba de invernadero no llegó al 10%, resultado que coincide con la alta CL_{50} obtenida en el ensayo preliminar.
- Con estos resultados se concluye que el hongo *Beauveria* sp. no es un microorganismo eficiente para el control de larvas de "ticona" de la quinua *H. gelotopoeon*, pero abre una interesante posibilidad para explorar la virulencia de estos aislamientos sobre otras plagas lepidópteras en cultivos que se desarrollen en condiciones más favorables para el hongo.

Agradecimientos. Los autores agradecen al proyecto IP-Holanda.

Referencias citadas

Bazán, M. 2002. Efecto de *Metarhizium anisopliae* (Deuteromycotina:Hyphomycetes) en el control biológico de *Boophilus microplus* Canestrini (Acari:Ixodidae) en ganado bobino estabulado. Universidad de Colima. Tecoman Colima. Pp 54-55.

Chacón Y.; C. Garita; C. Vaglio; V. Villalba. 2009. Desarrollo de una metodología de crianza en laboratorio del gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda* (Smith) Lepidoptera: Noctuidae) como posible hospedante de insectos biocontroladores de interés agrícola. Costa Rica. Tecnología en Marcha, Vol. 22, N.° 4. P. 28-37.

Driver, F. Milner, R. Trueman, J. 2000 A Taxonomic Revision of *Metarhirium* based on a Phylogenetic analysis of rDNA sequence Data. Mycol. Res. 104(2):134- 150.

Falconi. F. 2009. Evaluación in vitro de hongos entomopatogenos como agentes potenciales para el control de *Dysdercus peruvianus* Guérin-Méneville 1831 (Hemiptera: Pirrhocoridae) plaga del cultivo del algodón. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima-Peru. Pg.43.

Feng, M. G.; Poprawsky, T. J. Y Khachatourians, G. C. 1994. Production,formulation and application of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* for insect control: Current Status. Biocontrol Science and Technology. 4: 3-34.

Ferron, P. 1978. Biological control of insect pest by entomopathogenous fungi. In: Annual review of entomology. 23:409-442.

Gonzales, M,; Aguilar, N. Rodriguez, R. 20012. Control de insectos-Plaga en la agricultura utilizando hongos entomopatogenos: Retos y perspectivas. Revista Científica de la Universidad Autónoma de Coahuila. Vol.4, Nº 8.

Gratereaux, W. 2009. Potencial del uso de hongos entomopatógenos para el control de cochinilla (*Dysmicoccus brevipes*) en producción orgánica de piña (*Ananas comosus*). Centro agronómico tropical de investigación y enseñanza. Turrialba, Costa Rica, Pp 48-49**.**

Melgar, S.; P. Landaverde, M.J. Dardón, E. Enriquez, & S. Chanquín. 2004. Selección de virulencia y caracterización genética de cepas Guatemaltecas de *beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*, para el control del insecto transmisor de la enfermedad de chagas, *Triatoma dimidiata*. Dirección General de Investigación -DGI, Laboratorio de Entomología y Parasitología –LENAP Pp. 78.

Tanada, Y.; Kaya, H. 1993. Insect Pathology. Academic Press. San Diego, California. (USA). 3-4 Pp.

Tavassoli, M; Ownag, S; Pourseyed H; Mardani K. 2008. Laboratory evaluation of three strains of the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae* for controlling *Dermanyssus gallinae*. Avian Pathology. 37(3): 259-263.

Las feromonas en el MIP-Quinua: Estado actual de la investigación y difusión

Raúl Saravia; Alejandro Bonifacio; Antonio Gandarillas.

Fundación PROINPA.

E-mail: r.saravia@proinpa.org

Resumen

El objetivo de este trabajo es hacer conocer a los involucrados con el cultivo de la quinua, el estado de la investigación y difusión sobre el uso de las feromonas en el manejo integrado de las plagas (MIP) del cultivo de la quinua en Bolivia. Con esta finalidad se revisó los trabajos de investigación y difusión a cerca de este tema desde agosto del 2006 hasta marzo del 2013. Los resultados de la investigación muestran que el uso de las feromonas en el MIP del cultivo de la quinua se inició con la evaluación de 6 feromonas comerciales (***Heliothis zea, Heliothis virescens, Spodoptera frugiperda, Spodoptera exigua y Agrotis ípsilon y Phthorimae operculella***), ofertadas por Pherobank de Holanda y relacionadas con las especies reportadas como plagas de este cultivo. Estas evaluaciones que fueron realizadas en condiciones ambientales del Altiplano Central y Sur, mostraron que existía una imprecisión en la identificación de las principales plagas del cultivo de la quinua, los resultados mostraron también que de las sustancias evaluadas, la feromona sexual de ***Agrotis ípsilon*** y ***Spodoptera frugiperda*** fueron las más especificas en la captura del morfotipo denominado punteado que más tarde fue identificado como ***Agrotis andina*** por Michael Pogue especialista del USDA. Esta investigación derivó en otros trabajos como la identificación de las plagas, la distribución geográfica de las diferentes especies de ticonas, el comportamiento de las ticonas y la polilla de la quinua en la época sin cultivo, pruebas de la eficiencia de las trampas, el número de trampas por hectárea, y trabajos relacionados a la síntesis de la feromona sexual para ***Eurysacca quinoae*** y ***Helicoverpa gelotopoeon***. En el campo de la difusión se mencionan la validación de las trampas tipo embudo y la validación participativa de la feromona de ***Agrotis ípsilon.***

Palabras claves: Feromonas; MIP-Quinua.

Introducción

El uso de feromonas, como parte de un manejo integrado de plagas (MIP), presenta grandes ventajas por ser muy específicas, es decir solo afectan a insectos de una misma especie y no dañan a insectos que son benéficos ni a aquellos que son inofensivos (Cisneros, A, 1997).

Las feromonas son sustancias químicas que liberan los insectos y otros organismos para comunicarse en forma interespecifica. Existen varios tipos de feromonas (alarma, agregación, sexuales, etc.). Las feromonas sexuales se utilizan principalmente para el monitoreo y control de plagas, las hembras liberan estos compuestos químicos y los machos pueden ser atraídos incluso estando a 4 kilómetros de distancia. Las feromonas de diferentes especies en la actualidad pueden ser sintetizadas y utilizadas en el manejo integrado de plagas.

En el altiplano boliviano, los primeros trabajos con feromonas sexuales, en el manejo integrado de las plagas del cultivo de la quinua, demostraron que existía una imprecisión en la identificación de las principales plagas del cultivo de la quinua, este error ha limitado el desarrollo de estrategias efectivas de monitoreo y manejo de estas plagas que reducen los rendimientos en un rango del 21% y 33% (Saravia y Quispe, 2005).

El objetivo de este trabajo es hacer conocer a los involucrados con el cultivo de la quinua, el estado de la investigación y difusión sobre el uso de las feromonas en el manejo integrado de las plagas del cultivo de la quinua, en el altiplano boliviano.

Materiales y métodos

Se revisó los trabajos de investigación y difusión a cerca de este tema desde agosto del 2006 hasta marzo del 2013.

Resultados y discusión

Los resultados de la investigación muestran que el uso de las feromonas en el manejo integrado de las plagas del cultivo de la quinua se inició con la evaluación de 6 feromonas comerciales (*Heliothis zea, Heliothis virescens, Spodoptera frugiperda, Spodoptera exigua y Agrotis ípsilon y Phthorimae operculella*), ofertadas por Pherobank de Holanda y relacionadas con las especies reportadas como plagas de este cultivo (Saravia, 2007). Estas evaluaciones realizadas en condiciones ambientales del Altiplano Central y Sur, mostraron que existía una imprecisión en la identificación de las principales plagas del cultivo de la quinua, los resultados mostraron también que las feromonas sexuales de *Agrotis ípsilon* y *Spodoptera frugiperda* fueron las más especificas en la captura del morfotipo denominado punteado (Foto 1) que más tarde fue identificado como *Agrotis andina* por Michael Pogue especialista del USDA (PROINPA, 2010).



Foto 1.
Agrotis andina

Esta investigación derivó en otros trabajos como la identificación de las plagas, la distribución geográfica de las diferentes especies de ticonas, el comportamiento de las ticonas y la polilla de la quinua en la época sin cultivo, pruebas de la eficiencia de las trampas, el número de trampas por hectárea, y trabajos relacionados al aislamiento de los componentes, síntesis y pruebas preliminares de la feromona sexual para *Eurysacca quinoae* y *Helicoverpa gelotopoeon*. En el campo de la difusión se menciona la validación de las trampas tipo embudo, la validación participativa de la feromona de *Agrotis ípsilon* y la comercialización de las feromonas *Helicoverpa gelotopoeon y Agrotis ípsilon.*

Los resultados de los trabajos de identificación reportan que los adultos eclosionados procedentes de las larvas colectadas de campos de quinua en las comunidades del Altiplano Sur corresponden a las especie *Helicoverpa gelotopoeon* Dyar, *Helicoverpa atacamae* Harwich *y Copitarsia incommoda* Walker (Fotos 2, 3 y 4).



Foto 2.
Helicoverpa gelotopoeon Dyar



Foto 3.
Helicoverpa atacamae Harwich



Foto 4.
Copitarsia incommoda Walker

Los adultos provenientes de las larvas colectada en el altiplano central corresponden a las mismas tres especies identificadas para el Altiplano Sur mas *Dargida acunthus* Herrich-Schaffer y una mariposa diurna identificada como *Tatochila theodice* Boisduval (Fotos 5 y 6).



Foto 5.
Dargida acunthus Herrich-Schaffer



Foto 6.
Tatochila theodice Boisduval



Foto 7.
Eurysacca quinoae Povolny

Las polillas, provenientes de larvas colectadas tanto en el altiplano central como en el sur, fueron identificados como *Eurysacca quinoae* Povolny (Foto 7.).

Las identificaciones fueron realizadas por el Dr. Michael Pogue, especialista en la identificación de lepidópteros del museo entomológico del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) (Saravia *et al*. 2009).

Las densidades poblacionales de los insectos adultos eclosionados permitieron clasificar a las plagas en claves y ocasionales. *Helicoverpa gelotopoeon* fue clasificada como plaga clave de la quinua en las comunidades del Altiplano Sur y *Copitarsia incommoda* como plaga clave en la comunidad del Altiplano Centro y las especies *Dargida acanthus* y la mariposa diurna identificada como *Tatochila theodice* como plagas ocasionales para las comunidades de Konani (Altiplano Centro) y Salinas de G. Mendoza (Altiplano Sur).

En cuanto a la distribución geográfica de las especies, la especie *Agrotis andina* es una especie que está presente en todo el altiplano boliviano, *Helicoverpa gelotopoeon, Copitarsia incommoda* y *Helicoverpa atacamae* son las especie que están presente tanto en el Altiplano Central como en el Sur. De los resultados obtenidos se concluyó que la condición de plagas clave u ocasional varía de un lugar a otro, aspecto que podría atribuirse a las condiciones agroecológicas de cada zona.

Los trabajos sobre el comportamiento de las ticonas y la polilla de la quinua en la época sin cultivo, reportaron que las ticonas pasan el periodo invernal en estado de pupa, pero que no sucede lo mismo con las pupas de la polilla (Figura 1), ya que se evidenció que estas empiezan a emerger más o menos a los 20 días después de la cosecha de quinua, desconociéndose el o los sitios donde pasan el invierno.

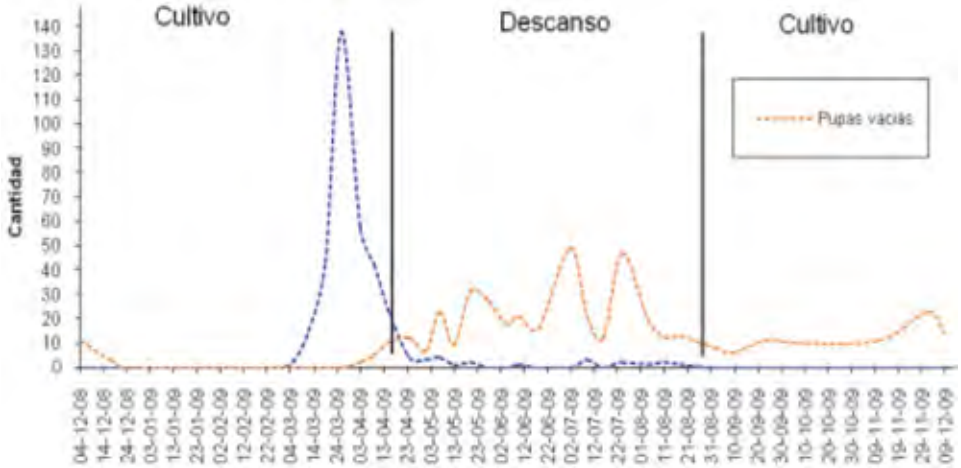


Figura 1.
Resultado de los muestreos de pupas de la polilla de la quinua desde diciembre del 2008 a diciembre del 2009, en la comunidad de Viroxa, Altiplano Sur (Fuente: PROINPA, 2010).

Los resultados de la evaluación de la eficiencia de las trampas en la captura de ticona adultas mostraron que el prototipo tipo bañador fue el más eficiente seguido por el prototipo tipo embudo y finalmente la trampa tipo bidón (Fotos 8, 9 y 10).



Foto 8.
Trampa tipo bidón



Foto 9.
Trampa tipo embudo (de hojalata)



Foto 10.
Trampa tipo bañador

La Figura 2, muestra el número de insectos capturados entre mayo a junio del 2008.

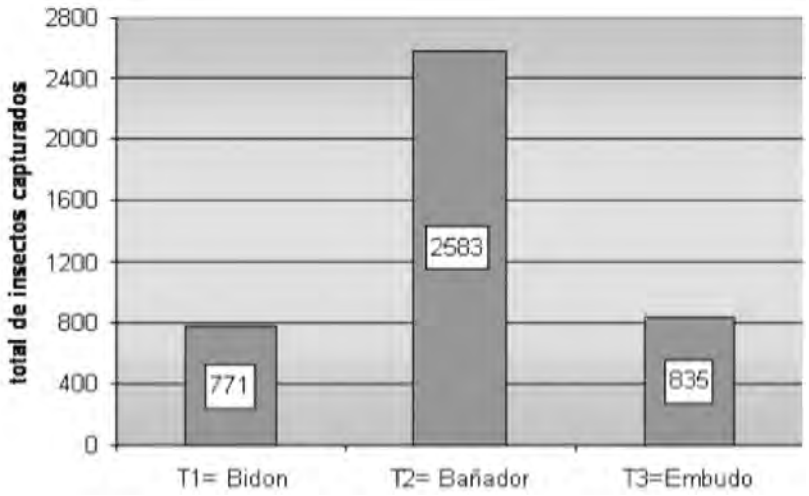


Figura 2.
Número de especímenes capturados por los tres prototipos de trampas con feromona (Fuente: PROINPA, 2010).

Estudios posteriores sobre este tema mostraron que la trampa tipo embudo mejorado que trabaja sin agua (Foto 10) es similar en eficiencia a las trampas tipo embudo, motivo por el cual se recomienda su uso a gran escala.

En cuanto al número de trampas por hectárea, los resultados indicaron que de las 3 densidades evaluadas (2, 4 y 6 trampas por hectárea) la de 6 trampas por unidad de superficie capturó el mayor número de ticonas adultas (Figura 3.), sugiriéndose continuar evaluando mayor número de trampas por hectárea.

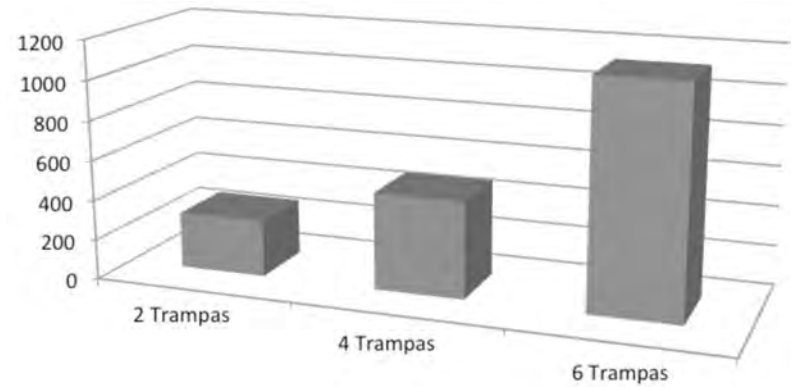


Figura 3.
Número de ticonas adultas capturadas en trampas con feromona a tres densidades por hectárea, en la localidad de Jirira, Salinas de Garci Mendoza (Fuente: Informe final proyecto feromonas).

Los resultados preliminares de las evaluaciones de las nuevas formulaciones de las feromonas para *Eurysacca quinoae* mostraron que ninguna de la formulaciones atraen a las poblaciones de machos de la polilla de la quinua, en cambio para el caso de la formulación de la feromona *Helicoverpa gelotopoeon* cuando se probaron en campo mostraron que al menos tres formulados fueron considerados promisorios, las mismas que fueron mejorados por los investigadores del Pherobank (Holanda).

En el ámbito de la difusión, se trabajó con la evaluación participativa de la trampa tipo embudo que permitió captar los criterios de los agricultores en cuanto a la eficiencia comparado con las trampas tipo bidón, la mayoría coincidió en afirmar que las trampas tipo embudo son más eficientes en la captura de los ticonas adultas. Respecto a la difusión ampliada de la feromona *Agrotis ipsilon* se reporta que 3000 feromonas fueron distribuidas entre agricultores independientes y organizaciones de agricultores durante el año agrícola 2009-2010 (PROINPA, 2010), sin embargo, durante este mismo periodo se recibió una demanda de 15.000 feromonas por parte de las organizaciones de agricultores que fueron canalizados a través de La Fundación PROINPA, La Fundación AUTAPO y las Cámaras Departamentales de Productores de Quinua de Oruro y Potosí. Durante el periodo agrícola 2011-2012 la Fundación PROINPA comercializó 28.872 feromonas sexuales (50% de *Helicoverpa gelotopoeon* y 50% de *Agrotis ípsilon*) (PROINPA, 2012). También se pudo constatar que el uso de las feromonas está siendo difundido por organizaciones como ANAPQUI que divulga esta alternativa en sus publicaciones sobre el manejo integrado de las plagas del cultivo de la quinua (PROQUINAT, 2011).

Conclusiones

- Los trabajos sobre el uso de feromonas en el manejo integrado de los ticonas adultas en Bolivia se inicio el año 2006.
- De las feromonas evaluadas, la feromona sexual de *Agrotis ípsilon* y *Spodoptera frugiperda* fueron las más eficientes en la atracción de la especie *Agrotis andina.*
- Los trabajos de identificación reportan que *Helicoverpa gelotopoeon* Dyar*, Helicoverpa atacamae* Harwich *y Copitarsia incommoda* Walker son plagas del cultivo de la quinua.
- *Helicoverpa gelotopoeon* fue clasificada como plaga clave de la quinua en las comunidades del Altiplano Sur y *Copitarsia incommoda* Walker como plaga clave en comunidades del Altiplano Centro.
- La condición de plagas clave u ocasional varía de un lugar a otro, atribuible a las condiciones agroecológicas de cada zona.
- Los ticonas pasan el periodo invernal en estado de pupa, pero no sucede lo mismo con la polilla de la quinua.
- Se desconoce el o los sitios donde pasan el invierno las polillas adultas.

- El prototipo de trampa tipo embudo que trabaja sin agua es la más recomendable para ser usado en condiciones del Altiplano Sur.
- Seis trampas por hectárea, cebadas con la feromona de *Agrotis ípsilon*, capturaron el mayor número de ticonas adultas de esta especie en la localidad de Jirira, Altiplano Sur.
- Las feromonas sintetizadas para la polilla de la quinua (*Eurysacca quinoae)* no son correctas.
- Tres formulaciones de la feromona *Helicoverpa gelotopoeon* fueron consideradas promisorias, mismas que fueron mejoradas.

Agradecimientos. Queremos hacer llegar nuestros agradecimientos a la Fundación McKnight, que financio el proyecto "Sustainable Production of Quinoa (Chenopodium quinoa Willd.): A Neglected Food Crop in the Andean Region" que permitió iniciar y continuar trabajos sobre el uso de feromonas en el manejo integrado de las plagas del cultivo de la quinua. A la fundación AUTAPO, que financió el proyecto "Desarrollo y difusión de alternativas tecnológicas para el manejo ecológico de plagas en la producción de quinua orgánica" dirigido a trabajar sobre varios aspectos relacionados al uso de las feromonas en el manejo ecológico de las plagas del cultivo de la quinua.

Referencias citadas

Cisneros, A. 1997. Lactonas en síntesis de feromonas. Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de ciencias químicas. 106 p.

PROINPA, Fundación para la Promoción e Investigación de Productos Andinos. 2010. Desarrollo y difusión de alternativas tecnológicas para el manejo ecológico de plagas en la producción de quinua orgánica. Informe final proyecto feromonas. La Paz, Bolivia. 115 p.

PROINPA, Fundación para la Promoción e Investigación de Productos Andinos. 2012. Investigación y difusión en quinua. En Informe anual proyecto Innovación Participativa 2011-2012. Cochabamba, Bolivia. 50 p.

PROQUINAT, Programa de Producción de Quinua Natural. 2011. Manejo de plagas de la quinua real. ANAPQUI, La Paz, Bolivia. 10 p.

Saravia, R. y R. Quispe. 2005. Manejo de Plagas. Fascículo Nº 4. Modulo 2: Manejo Agronómico de la Quinua Orgánica. Formación de Promotores en Sistemas de Producción Sostenible en el Cultivo de la Quinua. Programa de Apoyo a la Cadena de la Quinua en el Altiplano Sur. Fundación PROINPA. 32p.

Saravia, R. 2007. Evaluation of the effectiveness of 6 pheromones (for 6 different species) for capturing armyworms and moths. In. Annual Report 2006-2007. Sustainable production of quinoa (Chepopodium quinoa, Willd.) a neglected food crop in the Andean region. Fundación PROINPA. 26 p.

Raúl Saravia, Carola Castillo, Michael Pogue y Alejandro Bonifacio. 2009. Identificación de lepidópteros asociados al cultivo de la quinua. En memorias del V congreso de la asociación boliviana de protección vegetal. Sucre, 17, 18 y 19 de junio del 2009.

Entomofauna benéfica asociada a malezas adyacentes al cultivo de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en el altiplano central de Bolivia

Reinaldo Quispe[1]; Eliseo Tangara[1]; Milton Pinto[1]; Wilfredo Rojas[1]; Sven Jacobsen[2].

[1]Fundación PROINPA.

[2]Universidad de Copenhagen.

E-mail: r.quispe@proinpa.org

Resumen

Con el objetivo de evaluar la entomofauna benéfica asociada a malezas adyacentes al cultivo de la quinua, se implementó el presente trabajo, en la comunidad de Culli Culli Alto, Municipio de Sica Sica, La Paz, Bolivia (Altiplano Central). El muestreo de la entomofauna en las malezas adyacentes al cultivo de la quinua fue quincenal, entre las 9:00 y 15:00 hrs., desde la fase fenológica de floración a la madurez fisiológica del cultivo. Según los resultados, las malezas adyacentes al cultivo de la quinua correspondieron a quince especies botánicas, de las cuales destacan Asteraceae y Brassicaceae con 6 y 3 especies, respectivamente. La entomofauna asociada a malezas evaluadas ha estado constituida por 5 ordenes, 18 familias y 19 morfotipos o "unidades taxonómicas", donde Díptera, Hymenóptera y Coleóptera fueron las ordenes más diversas y Hemíptera e Hymenóptera las más abundantes. De toda la población insectil muestreada, la entomofauna benéfica fue la más diversa con 11 familias de 4 órdenes y 11 familias, destacando Braconidae, Syrphidae y Coccinellidae por su abundancia; sin embargo, los insectos plagas correspondieron a 7 familias de 4 órdenes, sobresaliendo las familias Miridae y Aphididae por abundancia. ***Brassica campestris*** (Mostacilla), ***Malva sp.*** (Malva) y ***Bidens andicola*** (Muni muni) por la diversidad de la entomofauna benéfica asociadas a ellas muestran ser promisorios para el fomento de controladores biológicos de los insectos plagas del cultivo de la quinua en el Altiplano Central.

Palabras claves: Manejo de hábitat; manejo agroecológico de plagas; entomofauna benéfica; malezas; plagas quinua.

Introducción

El empleo de plantas para proporcionar recursos necesarios a los insectos benéficos, se conoce como manejo de hábitat, rama creciente del control biológico de conservación. Los recursos proporcionados por las plantas, a los enemigos naturales, pueden incluir huésped/presa alternativa, refugio y alimento no hospedante (néctar y polen) (Landis *et al*. 2000). Numerosos estudios han demostrado que parasitoides adultos muestran una mayor longevidad y/o fecundidad con el acceso al néctar o azúcares de fuentes vegetales cercanas; incluso en algunos puede ser crucial para su supervivencia en este estado. Los predadores se alimentan de presas a lo largo de su vida, sin embargo, pueden mostrar mayores tasas de crecimiento, longevidad y fecundidad si su dieta se complementa con recursos vegetales, incluyendo líquidos del floema y polen (Fiedler y Landis 2007). Estos recursos suelen ser escasos en los sistemas agrícolas, pero pueden ser proporcionados por plantas con flores, como parte de un programa de manejo de hábitat (Landis *et al*. 2000). Para maximizar los beneficios del manejo de hábitat las plantas a emplearse deben ser cuidadosamente seleccionadas. Muchos enemigos naturales no pueden acceder al néctar en flores con corolas profundas y estrechas, porque sus piezas bucales no están especializadas para la alimentación de flores (Fiedler y Landis 2007). Además, la fenología de los insectos y las plantas deben coincidir para que los primeros puedan obtener beneficios del néctar y polen en el momento correcto y así incrementar sus poblaciones (Colley y Luna 2000). En la evaluación de plantas atractivas para la entomofauna benéfica varios métodos se han utilizado. Los trabajos más controlados se efectúan en laboratorio y son orientados a estudios específicos de interacciones insecto-planta para determinar si enemigos naturales específicos pueden acceder y alimentarse de néctar o polen de determinadas plantas (Harmon *et al*. 2000). Otro método de estudio es a través de la observación de los insectos sobre plantas espontáneas, orientadas a determinar cuáles son las más visitadas por los enemigos naturales (Tooker y Hanks 2000). Una tercera técnica consiste en seleccionar un grupo de plantas basado en experiencias anteriores exitosas y establecerlas de forma individual o en grupos de plantas y evaluar el número y tipo de enemigos naturales en el área establecida o campos cercanos (Nicholls *et al*. 2001).

Por los antecedentes mencionados, la escasa información existente en esta temática y la necesidad de generar alternativas para el manejo ecológico de las plagas del cultivo de la quinua, se implementó el presente diagnóstico de los insectos presentes en las plantas ubicadas en los márgenes del cultivo de la quinua, bajo los siguientes objetivos:

- Identificar y cuantificar las malezas presentes en zonas adyacentes al cultivo de la quinua.
- Evaluar la entomofauna asociada a malezas adyacentes al cultivo de la quinua.
- Determinar las malezas más promisorias para el fomento de los controladores biológicos de las plagas del cultivo de la quinua.

Material y métodos

Localización

El presente estudio se realizó en la comunidad de Culli Culli Alto, Municipio de Sica Sica, Provincia Aroma, del Departamento de La Paz. Comunidad ubicada a 17°22'54" Latitud Sur y 67°40'35" Longitud Oeste.

Entomofauna asociada a malezas adyacentes al cultivo de la quinua

Para determinar la entomofauna presente en malezas adyacentes al cultivo de la quinua, variedad Horizontes, se realizaron evaluaciones sistematizadas en tres oportunidades: desde la etapa de floración hasta la madurez fisiológica del cultivo. Al inicio de cada evaluación, él evaluador permaneció inmóvil junto a una maleza seleccionada registrando los insectos adultos de mayor tamaño que se posaba sobre ésta. Luego, se procedió a la colecta de los insectos de menor tamaño con ayuda de una red entomológica realizando tres barridas por maleza. Los insectos colectados en cada evaluación fueron introducidos en recipientes de vidrio conteniendo alcohol al 70%, para su traslado al laboratorio, teniendo el cuidado de registrar la planta hospedera, lugar y la fecha de evaluación.

Montaje y reconocimiento de la entomofauna

Para el montaje y reconocimiento de los especímenes colectados, inicialmente las muestras colectadas fueron retiradas del recipiente con alcohol al 70 % (frascos de colecta) con ayuda de un pincel fino para depositarlos sobre placas petri, luego se procedió a su agrupación a nivel de orden según las características morfológicas siguiendo los criterios de Triplehorn y Johnson (2005). Posteriormente, los de importancia parasítica del orden hymenóptera, fueron adecuadas para su montaje en punta de cartulina. Para los insectos de otros ordenes de importancia parasítica o predadora, el montaje se efectuó directamente con alfiler entomológico o en punta. Teniendo el cuidado en mantener los datos de colecta en cada montaje. Los especímenes colectados del orden hymenóptera fueron determinados a nivel de familia, mediante claves taxonómicas de Gauld (1991) y Fernández y Sharkey (2006) recomendadas para la región Neo Tropical.

Resultados y discusión

Malezas adyacentes al cultivo de la quinua

Las malezas adyacentes al cultivo de la quinua en la comunidad de Culli Culli Alto, estuvieron constituidas por quince especies botánicas (Cuadro 1), de las cuales dos aún están proceso de identificación (Asteraceae 1, Asteraceae 2). Las familias botánicas con mayor riqueza de especies fueron Asteraceae, Brassicaceae y Poaceae con seis, tres y dos especies botánicas, respectivamente. A diferencia de las familias Fabaceae, Geraniaceae, Malvaceae y Solanaceae que registraron una sola especie. Por otro lado, tres

de las malezas mostraron desarrollo perene (T'hola, Huma chillca y Alfalfa) y el resto fue de crecimiento anual. Del total de las malezas, según su hábito de crecimiento, dos fueron rastreros con alturas inferiores a los 0.1 m (*L. bipinnatifidum*, Asteraceae 2), tres alcanzaron alturas entre 0.5 a 1.1 m (*B. campestris, Festua sp,*y *Nicotiana sp.*) y las diez malezas restantes mostraron un desarrollo medio con altura menores a 0.5 m. Tanto la altura de planta como su hábito de crecimiento forman una arquitectura propia de las malezas que ofrecen interesantes atributos y/o recompensas para los insectos visitantes, organismos que buscan habitad propicio para su alimentación y/o refugio.

Cuadro 1.
Malezas adyacentes al cultivo de la quinua, Culli Culli Alto, 2012.

No	Nombre común	Nombre científico	Familia	Altura de planta (cm)	Habito de crecimiento
1	Callqu callqu	*Senecio vulgaris*	Asteraceae	20 - 25	anual
2	Chijchipa	*Tagetes sp.*	Asteraceae	15 -20	anual
3	Muni muni	*Bidens andicola*	Asteraceae	25 - 30	anual
4	T'hola	*Parastrephia sp.*	Asteraceae	30 - 40	perene
5	Huma chillca	Asteraceae 1	Asteraceae	40 - 45	perene
6	Qura llayta	Asteraceae 2	Asteraceae	5- 10	anual
7	Bursa bursa	*Capsella bursa pastoris*	Brassicaceae	25 - 35	anual
8	Janu q'ara	*Lepidium bipinnatifidum*	Brassicaceae	5- 10	anual
9	Mostacilla	*Brassica campestris*	Brassicaceae	60 - 110	anual
10	Festuca	*Festua sp.*	Poaceae	50 - 90	anual
11	Paja	*Estipa sp.*	Poaceae	35 - 50	anual
12	Alfalfa	*Medicago sativa*	Fabaceae	30 - 45	perene
13	Aguja aguja	*Erodium cicutarium*	Geraniaceae	15 - 20	anual
14	Malvasa	*Malva sp.*	Malvaceae	20 - 35	anual
15	Tusca tusca	*Nicotiana sp.*	Solanaceae	60 - 90	anual

Entomofauna asociada a malezas adyacentes al cultivo de la quinua

La entomofauna asociada a malezas adyacentes al cultivo de la quinua, evaluados entre abril y mayo de 2012 (3 muestreos), ha estado constituida por 5 ordenes, 18 familias y 19 morfotipos o "unidades taxonómicas", de estos últimos se ha llegado identificar 4 a nivel de especie, 4 a escala genérica, 11 a nivel de familia (Cuadro 2). Esta población insectil alcanzó una abundancia total de 211 individuos, observándose a Díptera, Hymenóptera y Coleóptera como los más diversos por registrar entre 4 a 5 familias al igual que este número de morfotipos, estos tres órdenes representan el 62.5% de riqueza específica, en cambio Hemíptera y Lepidóptera fueron órdenes menos diversos registrando 3 y 2 familias y morfotipos, respectivamente. Respecto a la abundancia Hemíptera e Hymenóptera resultaron ser los más abundantes con 58 y 54 individuos, respectivamente, ambos representan el 53.1 % de la abundancia total registrada (Cuadro 2). En posiciones intermedias con 44 (20.9%) y 34 (16.1%) especímenes estuvieron Coleóptera y Díptera; sin embargo, Lepidóptera registro la menor abundancia con tan solo 21 individuos (10%). La composición de la fauna insectil evaluada en este estudio,

con alta representación Hemíptera e Hymenóptera, está dentro los parámetros de la diversidad de insectos en general y los correspondientes a agroecosistemas. Puesto que es de amplia aceptación que avispas, abejas y hormigas pertenecen a uno de los grupos más diversos del reino animal los Hymenóptera, quienes junto a Coleóptera, Lepidóptera y Díptera, comprenden en conjunto la gran mayoría de seres vivos en el planeta (Richards y Davies 1984, Fernández 2006). Muchas avispas pertenecientes a este orden son parasitoides y atacan un número grande de artrópodos, entre los que se encuentran otros insectos de importancia ecológica y económica, además la polinización de muchas plantas con flores depende de las abejas y otros hymenópteros (Fernández y Sharkey 2006, Van Driesche *et al*. 2007).

Cuadro 2.
Entomofauna asociada a malezas adyacentes al cultivo de la quinua, Culli Culli Alto, 2012.

Orden	Familia	Especie/morofoespecie	Insectos			Total	%	
			1M	2M	3M			
Hemíptera	Miridae	Miridae 1	11	10	4	25	43.1	27.5
	Aphidadae	*Myzus persicae*	9	8	4	21	36.2	
	Nabidae	Nabidae 1	5	4	2	12	20.7	
Sub total	3	3	25	23	10	58	100	
Hymenóptera	Braconidae	Braconidae 1	9	11	3	23	42.6	25.6
		Braconidae 2	6	4	3	13	24.1	
	Sphecidae	*Sphex sp.*	3	3	2	8	14.8	
	Apidae	*Apis melífera*	3	3	1	7	13.0	
	Vespidae	*Monobia sp.*	2	1	0	3	5.6	
Sub total	4	5	23	22	9	54	100	
Coleóptera	Coccinellidae	*Eriopis sp.*	11	11	4	26	59.1	20.9
	Chrysomellidae	Escarabajo 1	4	3	1	8	18.2	
	Carabidae	Escarabajo 2	2	4	1	7	15.9	
	Meloidae	*Epicauta sp.*	2	0	1	3	6.8	
Sub total	4	4	19	18	7	44	100	
Díptera	Syrphidae	Syrphidae 1	7	5	2	14	41.2	16.1
	Tachinidae	Tachinidae 1	4	5	2	11	32.4	
	Tipulidae	Tipulidae 1	2	2	0	4	11.8	
	Asilidae	Asilidae 1	1	2	0	3	8.8	
	Mydidae	Mydidae 1	1	1	0	2	5.9	
Sub total	5	5	15	15	4	34	100	
Lepidóptera	Noctuidae	*Helicoverpa gelotopoeon*	5	4	1	10	47.6	10.0
	Gelechiidae	*Eurysacca quinoae*	5	6	0	11	52.4	
Sub total	2	2	10	10	1	21	100	
Total 18	19		92	88	31	211		100

1M= primer muestreo, 2M=segundo muestreo, 3M= tercer muestreo.

Por otra parte, si bien Hemíptera no están entre los órdenes insectiles más abundantes en el planeta, su población se incrementa notablemente en sistemas agrícolas porque

buena proporción de las especies de este orden son catalogados como insectos plaga (Raven, 1996), aspecto que fue corroborado en el presente trabajo registrándose a Hemíptera como el primer orden por la abundancia registrada en el agroecosistema el cultivo de la quinua en Culli Culli Alto. Por otro lado, según Richards y Davies (1984), además de fitófagos, este orden, también comprende especies predadoras las cuales juegan un rol importante en la regulación de poblaciones insectiles en los agroecosistemas.

Entomofauna benéfica asociada a malezas adyacentes al cultivo de la quinua

En las malezas circundantes al cultivo de quinua se ha podido evidenciar la presencia de insectos benéficos pertenecientes a 4 órdenes y 11 familias (cuadro 3), los órdenes más diversos fueron Hymenóptera y Díptera con 4 familias cada una, sin embargo las más abundantes han sido Hymenóptera, Coleóptera y Díptera con 53, 34 y 30 especímenes, representando el 90.8% de la entomofauna benéfica registrada. En cambio, Hemíptera fue la menos abundante con 12 insectos representando el 9.3%.

Cuadro 3.
Entomofauna benéfica por orden y familia asociadas a malezas adyacentes al cultivo de la quinua, Culli Culli Alto, 2012.

Orden	Familia	Malezas (familia)															Total	%
		S. vulgaris (a)	Tagetes sp. (a)	B.dicola (a)	Parastrephia sp. (a)	Asteraceae 1 (a)	Asteraceae 2 (a)	C. burs-pastoris (b)	L. bipinnatifidum (b)	B. campestris (b)	Festua sp. (p)	Estipa sp. (p)	M. sativa (f)	E. cicutarium (g)	M. sylvestris (m)	Nicotiana sp. (s)		
Hymenóptera	Braconidae	1	5	3	3	1	-	2	-	6	-	-	2	4	8	-	35	41.1
	Sphecidae	-	-	1	1	-	-	-	-	3	-	-	-	1	2	-	8	
	Apidae	-	-	2	-	-	-	-	1	2	-	-	-	-	2	-	7	
	Vespidae	-	-	-	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	-	3	
Sub total	4	1	5	6	5	1	0	2	1	12	0	0	2	5	13	0	53	
Díptera	Syrphidae	-	-	2	-	-	-	1	-	11	-	-	-	-	-	-	14	23.3
	Tachinidae	-	-	2	-	2	-	-	-	-	-	2	2	-	1	2	11	
	Asilidae	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	-	3	
	Mydidae	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1	2	
Sub total	4	1	0	4	0	2	0	1	2	11	0	2	2	0	2	3	30	
Colóptera	Coccinellidae	2	-	5	3	-	2	-	-	6	-	-	-	2	6	-	26	26.4
	Carabidae	-	-	-	2	-	2	-	3	-	-	-	-	1	-	-	8	
Sub total	2	2	0	5	5	0	4	0	3	6	0	0	0	3	6	0	34	
Hemíptera	Nabidae	2	1	2	-	-	2	-	-	-	-	-	-	1		4	12	9.3
Total	11	6	6	17	10	3	6	3	6	29	0	2	4	9	21	7	129	100

Familias botánicas: (a)=Asteraceae, (b)=Brassicaceae, (p)=Poaceae, (f)=Fabaceae, (g)=Geraniaceae, (m)=Malvaceae, (s)=Solanaceae

Entre las malezas evaluadas, Mostacilla (*B. campestris*, Brassicaceae) ha registrado la mayor abundancia de la entomofauna benéfica con 29 especímenes, seguidos por Malva (*M. campestris*, Malvaceae) y Muni muni (*B. andicola*, Asteraceae) con 21 y 17 especímenes, respectivamente. Estas tres malezas en conjunto concentran el 51.9 % de la

población de insectos benéficos muestreados. Los insectos asociados con *B. campestris* fueron principalmente las pertenecientes a la familias Braconidae (Hymenóptera), Coccinellidae (Coleóptera) y Syrphidae (Díptera) con 6, 6 y 11 individuos, respectivamente, el primero caracterizado por sus hábitos parasíticos y las dos últimas por ser predadores de insectos de cuerpo blando. Por otra parte, *M. sylvestre* y *B. andicola* estuvieron asociados a insectos de las familias Coccinellidae y Braconidae, el primero predador y el segundo parasitoide. En contraste la maleza *Festuca sp*. no registro ningún insecto en el periodo de evaluación.

Entomofauna fitófaga asociada a malezas adyacentes al cultivo de la quinua

Los insectos fitófagos (plaga) registrados en malezas adyacentes al cultivo de la quinua corresponden a 4 órdenes y 7 familias. La diversidad de estas familias al interior de los órdenes no fue amplia Hemíptera, Lepidóptera y Coleóptera registraron dos familias y Díptera tan solo una familia de insectos. En cuanto a la abundancia destaca Hemíptera y Lepidóptera con 46 y 21 especímenes, respectivamente, ambos ordenes representan el 81.7% de los insectos plaga colectados. En cambio Coleóptera y Díptera fueron las menos abundantes con 11 y 4 insectos representando el 19.3% (Cuadro 4).

Cuadro 4

Entomofauna fitófaga por orden y familia asociada a malezas adyacentes al cultivo de la quinua, Culli Culli Alto, 2012.

Orden	Familia	Malezas (familia)															Total	%
		S. vulgaris (a)	Tagetes sp. (a)	B.dicola (a)	Parastrephia sp. (a)	Asteraceae 1 ((a)	Asteraceae 2 (a)	C. burs-pastoris (b)	L. bipinnatifidum (b)	B. campestris (b)	Festua sp. (p)	Estipa sp. (p)	M. sativa (f)	E. cicutarium (g)	M. sylvestris (m)	Nicotiana sp. (s)		
Hemíptera	Miridae	2	1	5	-	-	-	3	2	5	-	-	-	-	7	-	25	56.1
	Aphidae	7	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	4	3	21	
Sub total	2	9	1	9	0	0	0	3	2	5	0	0	0	3	11	3	46	
Lepidóptera	Gelechiidae	-	4	1	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	3	-	11	25.6
	Noctuidae	-	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	5	-	10	
Sub total	2	0	6	2	0	0	0	0	0	3	0	0	2	0	8	0	21	
Coleóptera	Chrysomellidae	-	-	-	2	-	-	-	1	-	-	-	2	3	-	-	8	13.4
	Meloide	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	3	
Sub total	2	0	0	0	2	0	0	3	1	0	0	0	2	3	0	0	11	
Díptera	Tipilidae	-	-	-	-	-	1	2	-	-	-	-	-	1	-	-	4	4.9
Total	7	9	7	11	2	0	1	8	3	8	0	0	4	7	19	3	82	100

Familias botánicas: (a)=Asteraceae, (b)=Brassicaceae, (p)=Poaceae, (f)=Fabaceae, (g)=Geraniaceae, (m)=Mlvaceae, (s)=Solanaceae

La abundancia de la entomofauna fitófaga registrada ha estado asociada principalmente a Malva (*M. campestris*, Malvaceae) y Minu Muni (*B. andicola*, Asteraceae) con 19 y 11 insectos, respectivamente; seguidos por Callqu callqu (*S. vulgaris*, Asteraceae), Bursa bursa (*C. bursa-pastoris*, Brassicaceae), Mostacilla (*B. campestris*, Brassicaceae), Agu-

ja aguja (*E. cicutarium*, Geraniaceae) y Chijchipa (*Tagetes sp.*, Asteraceae) malezas que registraron entre 9 y 7 insectos fitófagos. Sin embargo, las dos malezas Poaceas (*Estipa sp*. y *Festuca sp*.) y la Asteracea 1 no registraron ningún insecto plaga en el periodo de valuación. Por otro lado, las malezas *M. campestris*, *B. andicola* y *S. vulgaris* han sido preferidas principalmente por fitófagos hemípteros pertenecientes a las familias Miridae y Aphididae. En cambio, los Lepidópteros plaga mostraron preferencia por *M. campestris* y *Tagetes sp.*, malezas que mostraron una importante asociación con insectos fitófagos de las familias Gelechiidae y Noctuidae.

Para desarrollar experiencias de control biológico de conservación, a través del manejo de hábitat, se debe disponer de amplios conocimientos sobre el manejo del cultivo objetivo, sus problemas fitosanitarios, los controladores biológicos reales y potenciales de sus principales plagas, además conocer las fenología y características de las malezas adyacentes que fomentan la presencia de los controladores biológicos. Sin descuidar la información sobre la población fitófaga que puede albergar estas plantas, teniendo el cuidado que estas no sean plagas claves o potenciales del cultivo objetivo, o que se mantengan en poblaciones bajas y en periodos de ausencia del cultivo (Landis *et al*. 2000, Vázquez *et al.* 2008).

Conclusiones

- Las malezas adyacentes al cultivo de la quinua correspondieron a quince especies botánicas, de las cuales destacan Asteraceae y Brassicaceae con 6 y 3 especies botánicas, respectivamente.
- La entomofauna asociada a malezas evaluadas ha estado constituida por 5 ordenes, 18 familias y 19 morfotipos o "unidades taxonómicas", de las cuales 4 han sido identificadas a nivel de especies y 4 a nivel de género, donde Díptera, Hymenóptera y Coleóptera fueron las diversas y Hemíptera e Hymenóptera las más abundantes.
- La población insectil benéfica fue la más diversa con 11 familias de 4 órdenes y 11 familias, destacando Braconidae, Syrphidae y Coccinellidae por su abundancia; sin embargo, los insectos plagas correspondieron a 7 familias de 4 órdenes sobresaliendo Miridae y Aphididae por la cantidad de su población.
- *B. campestris* (Mostacilla), *M. campestris*, (Malva) y *B. andicola* (Muni muni) por la diversidad de la entomofauna benéfica asociadas a ellas muestran ser promisorios para el fomento de controladores biológicos de las plagas del cultivo de la quinua en Culi Culli Alto, Altiplano Central.

Agradecimientos. El presente trabajo conto con el apoyo del Proyecto AndesCrop "Uso Apropiado de Cultivos Andinos de Alto Valor", financiado la Cooperación al Desarrollo de Dinamarca (DANIDA) del Ministerio de Asuntos Extranjeros del Gobierno Real de Dinamarca, y ejecutada por la Fundación PROINPA.

Referencias citadas

Altieri, M.; Nicholls, C. 2010. Diseños Agroecológicos para incrementar la biodiversidad de entomofauna benéfica en agroecosistemas. Medellín, Colombia. Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología (SOCLA). 83 p.

Colley, M; Luna. J. 2000. Relative attractiveness of potential beneficial insectary plants to aphidophagous hoverflies (Diptera: Syrphidae). Environ. Entomol. 29: 1054 - 1059.

Fernández, F. 2006. Sistemática de los himenópteros de la Región Neotropical: Estado del conocimiento y perspectivas. En Introducción a los Hymenóptera de la Región Neotropical. Fernández, F. y M. J. Sharkey (eds.). Sociedad Colombiana de Entomología y Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D. C., p 7-35.

Fernandez, F; Sharkey, M.J. (eds.) 2006. Introducción a los Hymenóptera de la Región Neotropical. Sociedad Colombiana de Entomología y Universidad Nacional de Colombia. Bogota D.C. 894 p.

Fiedler, A; Landis, D. 2007. Attractiveness of Michigan native plants to arthropod natural enemies and herbivores. Environmental Entomology 36 (4), 751-765.

Gauld, I. 1991. The Ichneumonidae of Costa Rica 1 Introduction, keys to subfamilies, and keys to the species of the lower pimpliform subfamilies: Rhyssinae, Pimplinae, Poemeniinae, Acaenitinae and Cylloceriinae. Florida, EEUU. The American Entomological Institute. 589 pp.

Harmon, JP; Ives, A; Losey, J; Olson, A; Rauwald, K. 2000. *Coleomegilla maculata* (Coleoptera: Coccinellidae) predation on pea aphids promoted by proximity to dandelions. Oecologia (Berl.) 125: 543 - 548.

Landis, D; Menalled, F; Lee, J; Carmona, D; Pérez-Valdez, A. 2000. Habitat Management to enhance Biological Control in IPM. In: Emerging technologies for Integrated Pest Management: Concepts, Research and Implementation. George G. Kenedy and Turner B. Sutton Eds. APS PRESS. ST. Paul, Minesota. 526 p.

Nicholls, C; Parrella, M; Altieri, M. 2001. The effects of a vegetational corridor on the abundance and dispersal of insect biodiversity within a northern California organic vineyard. Landscape Ecol. 16: 133 - 146.

Raven, K. 1996. Orden Hymenóptera II, Sub-orden Apocrita, Superfamilias Ichneumonoidea y Evanoidea. Universidad Nacional Agraria La Molina, Departamento de Entomología. 80 pp.

Richards, O.W.; Davies, R.G. 1984. Tratado de Entomologia Imms. Volumen 1. Clasificacion y Biologia. Ed. Omega. Barcelona. España. 554 pp.

Tooker, J; Hanks, L. 2000. Flowering Plant Hosts of Adult Hymenopteran Parasitoids of Central Illinois. Ann. Entomol. Soc. Am. 93(3): 580-588 p.

Triplehorn, C.A. & N.F. Johnson. 2005. Borror and DeLong's Introduction to the Study of Insects. Thomson Brooks/Cole, USA, Seventh Edition.864 pp.

Van Driesche, R. G., M. S. Hoddle y D. Center. 2007. Control de plagas y malezas por enemigos naturales. UDSA. Traducción por E. Ruiz y J. Coronada. Universidad de Tamaulipas. Cd. Victoria, México. 796 p.

Vázquez, L; Matienzo, Y; Veitia, M; Alfonso, J. 2008. Conservación y manejo de enemigos naturales de insectos fitófagos en los sistemas agrícolas de Cuba. INISAV. La Habana, Cuba. 198 p.

Cria de insectos: Herramienta para el desarrollo de componentes del manejo de plagas del cultivo de la quinua

Reinaldo Quispe[1]; Raúl Saravia[1]; Alejandro Bonifacio[1]; Camilo Chamani[2]; Maritza Layme[3].

[1]Fundación PROINPA.

[2]Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés (UMSA).

[3]Carrera de Ingeniería Agronómica, Universidad Pública de El Alto (UPEA).

E-mail: r.quispe@proinpa.org

Resumen

Con el objetivo de generar información básica y local sobre la biología, identificación y proveer material biológico para bioensayos y desarrollo de feromonas, se ha establecido la cría masiva de ***Copitarsia incommoda*** y ***Helicoverpa gelotopoeon*** (Lepidóptera: Noctuidae) plagas del cultivo de la quinua en las instalaciones del Centro del Quipaquipani de la Fundación PROINPA. En el laboratorio se han criado larvas de noctuidos colectadas en parcelas de quinua de comunidades de los Altiplanos Sur y Centro, inicialmente para su identificación, luego para clasificarlas en plagas clave y ocasional, posteriormente las identificadas como plagas clave (***C. incommoda*** y ***H. gelotopoeon***) fueron criadas al principio con dieta natural (hojas de quinua) y posteriormente con dieta artificial. Las condiciones del laboratorio fueron de 25 ± 3 ºC de temperatura, 55±5 % de HR y 12 hora luz. Según los resultados se ha establecido la cría masiva de ***C. incommoda*** y ***H. gelotopoeon***, plagas clave de la quinua; se han desarrollado una dieta artificial, teniendo a la quinua como alimento base complementado con carregenina, germen de trigo, levadura, ácido ascórbico, ácido sorbico, metil parabeno y formol en pequeñas cantidades, para la cría de los estados larvales de ambas plagas; se ha determinado el ciclo biológico de ambas especies que alcanzan a 68.5 días para ***C. incommoda*** y 143.5 días para ***H. gelotopoeon***, y se logró proveer larvas de estas especies para bioensayos preliminares con cepas locales de los entomopatogenos VPN y Bt, y también se envió pupas al Pherobank, Holanda, para el desarrollo de feromonas de estas plagas.

Palabras claves: Cría de insectos; *Copitarsia incommoda*; *Helicoverpa gelotopoeon*; bioensayos; plagas quinua.

Introducción

La cría de insectos constituye en una herramienta valiosa para el manejo de plagas ya que permite desarrollar métodos alternativos para el control de insectos. Trabajos anteriores demostraron que es factible la cría en condiciones de laboratorio el complejo "ticona", una de las plagas clave del cultivo de la quinua (PROINPA, 2004). En la época de cultivo (noviembre a abril) se puede criar estos insectos empleando como alimento las hojas de quinua, pero para facilitar la cría en laboratorio existen experiencias en el desarrollo de dietas artificiales para noctuideos como es el caso de la cría de *Spodoptera frugiperda* plaga del maíz. Sin embargo, experiencias al respecto en el país, particularmente en el altiplano y para las plagas del cultivo de la quinua, son escasas. Por otra parte, en los últimos años se está registrando un incremento constante en la demanda internacional por el grano de quinua, principalmente de calidad orgánica certificada. Para este tipo de producción la disponibilidad de tecnología en el país es escasa, especialmente para el control orgánico/ecológico de los insectos plaga del cultivo de la quinua. Por los antecedentes mencionados desde el año 2007 la Fundación PROINPA viene realizando inversiones para el equipamiento de un Laboratorio de Entomología y salas de cría de insectos y bioensayos en el Centro de Facilidades Quipaquipani (Viacha, La Paz), para el establecimiento de la cría masiva de los insectos plaga del cultivo de la quinua, con el fin de generar información básica y local sobre su biología, identificación y proveer larvas para bioensayos con entomopatógenos, y también proveer pupas para el desarrollo de feromonas. El presente trabajo pretende resumir estas experiencias bajo los siguientes objetivos:

- Establecer la cría masiva de dos especies de "ticona", consideradas plagas clave del cultivo de la quinua, bajo condiciones de laboratorio.
- Generar información local sobre la biología de estos insectos plaga de la quinua.
- Desarrollar una dieta artificial para la cría de "ticonas".
- Proveer especímenes adultos, larvas y pupas para su identificación con expertos, bioensayos con cepas locales de entomopatogenos y el desarrollo de feromonas, respectivamente.

Material y métodos

Localización

La cría de las plagas del cultivo de la quinua se realiza en el Laboratorio de Entomología del Centro de Facilidades Quipaquipani, dependiente de la Fundación PROINPA, localizado a 4 Km al sur de la población de Viacha, capital de la provincia Ingavi del departamento de La Paz. Sin embargo, las colectas de larvas de "ticona" fueron realizadas en parcelas de quinua de los Altiplanos Central y Sur del país.

Cría de Copitarsia incommoda y Helicoverpa gelotopoeon bajo condiciones de laboratorio

Para el establecimiento de la cría de *Copitarsia incommoda* y *Helicoverpa gelotopoeon* en condiciones de laboratorio se realizaron las siguientes labores: 1) colecta de larvas, 2) adaptación al laboratorio, 3) reproducción y 4) cría de la nueva generación; las cuales se detalla a continuación.

1.- ***Colecta de larvas:*** se han realizado en parcelas de quinua en diferentes épocas y localidades del Altiplano Sur y Centro del año agrícola 2007-2008 y posteriormente pequeñas colectas para el refrescamiento de la cría.

2.- ***Adaptación al laboratorio:*** Luego de llegar al laboratorio las larvas se han individualizado en recipientes plástico medianos (300 cc) para evitar el canibalismo, estas larvas fueron alimentadas con hojas de quinua hasta que lograron empupar (Foto 1), una vez que alcanzaron la fase de pupa fueron desinfectadas y separadas en grupos de diez en envases de plástico hasta lograr la eclosión de los adultos.



Foto 1.
Larvas alimentadas con hojas de quinua.



Foto 2.
Separación de pupas, post desinfección.

3.- ***Reproducción:*** Los adultos eclosionados fueron trasladados en frascos de plástico de 3800 cc de volumen recomendados por Quispe (2002), en grupos de 10 individuos (5 hembras y 5 machos), estos frascos fueron utilizados como cámaras de reproducción y obtención de huevos (Foto 3). Para facilitar la postura de huevos se colgaron bandas de papel secante en las paredes laterales de los frascos. Verificado la postura, se procedió a la recolección del papel secante que contenían los huevos, las porciones de papel que contenían los huevos fueron cortadas con tijeras y colocadas en envases medianos (300 cc) para su maduración, eclosión y obtención huevos.



Foto 3.
Cámara de reproducción.



Foto 4.
Cría con dieta artificial.

4.- Cría de la nueva generación: la nueva generación de "ticonas" se ha criado con dieta artificial, colocándose 30 larvas neonatas por envase con dieta (Foto 4), después de 10 días fueron separadas en envases individuales donde concluyeron la fase larvaria (Foto 5) y alcanzaron la fase de pupa. Posteriormente se procedió a la cosecha de pupas (Foto 6) cuando el 50% de las larvas alcanzaron esta fase y se procedió a la desinfección de estas con hipoclorito de sodio al 10%, seguidamente las pupas fueron separados en grupos de diez individuos (5 hembras y 5 machos) y colocaron en los frascos (3800 cc) de plástico medianos hasta que se inicie la eclosión. Luego, se continua con el procedimientos ya mencioandos.



Foto 5.
Pupa dentro de la dieta.



Foto 6.
Cosecha de pupas de la dieta.

Biología de Copitarsia incommoda y Helicoverpa gelotopoeon

De forma paralela al establecimiento de la cría de "ticona" se ha generado información adicional sobre el ciclo biológico de *C. incommoda* y *H. gelotopoeon*, plagas clave de la quinua. Para lo cual se han tomado datos de la duración de cada uno de los estados de ambas especies para las condiciones del laboratorio, que fueron de 23 ± 3 ºC de temperatura, 65 ±.5 % de Humedad Relativa y 12 horas luz.

Desarrollo de dieta artificial

En base a experiencias en la cría de *Spodoptera frugiperda* con dieta artificial y la recopilación de información sobre dietas artificiales para insectos se han realizado ensayos empleando agar bacteriológico, gelatina neutra de repostería, carragenina probando diferentes concentraciones para la preparación de 6 litros de dieta.

Provisión de especímenes para su identificación, bioensayos y desarrollo de feromonas

Para la identificación de las especies del complejo ticona, el primer trimestre del 2008 se enviaron diez ejemplares del morfotipo "Estampado" procedente del Altiplano Central y 10 ejemplares del morfotipo "Punto Negro" procedentes del Altiplano Sur al Dr. Michael Pogue, especialista del USDA de EEUU. Paralelamente a la cría de insectos en el Centro Quipaquipani se han venido realizando diferentes bioensayos con entomopatogenos, principalmente con la bacteria *Bacillus thuringiensis* (Bt) y el virus de la poliedrosis nuclear (VPN), para lo cual la sala de cría ha provisto de larvas de ticona de los primeros estadios para este fin. También, se ha enviado periodicamente pupas de *C. incommoda* y *H. gelotopoeon* al PHEROBAK de Holanda para el desarrollo de formulaciones de feromonas, las cuales se evalúa en campos de quinua del altiplano del país para el desarrollo de feromonas específicas de estas plagas.

Resultados y discusión

Cría de Copitarsia incommoda y Helicoverpa gelotopoeon en condiciones de laboratorio

La cría masiva se inició con la colecta de larvas de "ticona" procedentes del Altiplano Sur y Centro como se muestra en el Cuadro 1. Producto de 12 colectas de larvas, 4 del Altiplano Centro y 8 del Altiplano Sur, se logró ingresar en el laboratorio un total de 1391 larvas de "ticona" en diferentes estadios de los cuales se logró criar hasta el estado de pupa 390 individuos, el cual representa el 28 %, en esta primera etapa de establecimiento del laboratorio se registró altos porcentajes de mortalidad, principalmente en larvas procedentes del Altiplano Sur. Este alto porcentaje de mortalidad es atribuible al tiempo de viaje (4 días) y las condiciones de traslado del campo al laboratorio (transporte público).

Cuadro 1.
Relación de las colectas de larvas en campo y la cantidad de pupas obtenidas en laboratorio por comunidad.

Nº	Procedencia		Fecha recepción	Larvas recepcionadas	Pupas obtenidas
	Comunidad	Zona			
1	Quipaquipani, Viacha	Altiplano Centro	25/Nov/2007	53	34
2	Jalsuri, Viacha	Altiplano Centro	5/Feb/2008	64	42
3	Patacamaya	Altiplano Centro	8/Mar/2008	22	18
4	Konani, Paracamaya	Altiplano Centro	15/Mar/2008	76	41
5	Chacala, Uyuni	Altiplano Sur	27/Ene/2008	150	15
6	Chacala, Uyuni	Altiplano Sur	5/Mar/2008	240	45
7	Chacala, Uyuni	Altiplano Sur	16/Mar/2008	260	46
8	Viroxa, SalinasGM	Altiplano Sur	24/Mar/2008	130	17
9	Chacala, Uyuni	Altiplano Sur	28/Mar/2008	112	25
10	Viroxa, SalinasGM	Altiplano Sur	31/Mar/2008	170	47
11	Chacala, Uyuni	Altiplano Sur	3/Abr/2008	99	45
12	Alapaxa, SalinasGM	Altiplano Sur	17/Abr/2008	15	15
Total				**1391**	**390**
Porcentaje				**100 %**	**28 %**

De los adultos eclosionados, provenientes de 390 pupas obtenidas en laboratorio, se inició la cría masiva de estos insectos. Las larvas obtenidas en laboratorio fueron alimentadas en dieta artificial paralelamente desarrollada en base a harina de quinua, y criadas según el protocolo desarrollado para este fin. Hasta la fecha se ha establecido una cría constante de dos colonias de "ticona", *C. incommoda* y *H. gelotopoeon*, ambas plagas claves del cultivo de la quinua.

Biología de Copitarsia incommoda y Helicoverpa gelotopoeon

El ciclo biológico de *C. incommoda* y *H. gelotopoeon*, inicialmente denominados morfotipo "Estampado" y "Punto negro", respectivamente, en condiciones de laboratorio de Quipaquipani se muestra en el Cuadro 2. Donde se observa que para *C. incommoda* el ciclo biológico tiene una duración promedio de 68.5 días. En cambio para *H. gelotopoeon* alcanza 143.5 días, en promedio, existiendo una amplia variación en el tiempo de desarrollo del estado de pupa (±17 días).

Cuadro 2.
Ciclo biológico de Copitarsia incommoda y Helicoverpa gelotopoeon, plagas clave de la quinua, en condiciones de laboratorio Quipaquipani.

No	Estados	Rango (días)	
		C. incommoda	*H. gelotopoeon*
1	Huevo	5 a 7	3 a 5
2	Larva	24 a 25	22 a 28
3	Pre pupa	3 a 4	7 a 12
4	Pupa	17 a 25	90 a 107**

5	Adulto	12 a 15	4 a 9
	Total	61 a 76	126 a 161
	Promedio	68.5	143.5

** Existe gran variabilidad en la duración del periodo pupal, principalmente en espécimenes en etapa de adaptación al laboratorio.

Desarrollo de dieta artificial

Inicialmente se realizaron ensayos con diferentes concentraciones de los ingredientes de la dieta artificial, producto de estas experiencias se ha desarrollado una dieta artificial para la cría de "ticona" con los ingredientes y cantidades, para un volumen de 6 lt de dieta, que se detallan en el Cuadro 3.

Cuadro 3.
Ingredientes y cantidades a emplear en la preparación de seis litros de dieta artificial.

No	Ingrediente	Cantidad
1	Quinua (hojuelas o harina)	250 g
2	Agar Bacteriológico Oxoid	80 g
3	Germen de Trigo	200 g
4	Harina de soya	200 g
5	Levadura	200 g
6	Ácido ascórbico	18 g
7	Ácido sórbico	15 g
8	Formalina al 40%	15 ml
9	Metil parabeno	8 g

Elaborada en base a la dieta Bio Mix MH-89 de la Escuela Agrícola Panamericana- El Zamorano- Honduras.

Provisión de especímenes adultos y larvas para la identificación y bioensayos

Producto del envió de los espécimenes adultos de "ticona" al Dr. Michael Pogue, especialista en Noctuidos del USDA de EEUU. Se logró identificar el morfotipo Estampado, procedente del Altiplano Central, como *Copitarsia incommoda* (Walker) y el morfotipo Punto Negro, procedente del Altiplano Sur, como *Helicoverpa gelotopoeon* Dyar. También se ha provisto de larvas de las dos especies de "ticona" para bioensayos: un trabajo de tesis para la determinación de DL_{50} con *Bacillus thuringiensis* (Bt) cepa local y para pruebas preliminares con el virus de la poliedrosis nuclear (VPN). Además, producto de los envíos de pupas de "ticona" al PHEROBANK de Holanda, se ha desarrollado de forma conjunta entre esta institución y PROINPA la feromona específica para *H. gelotopoeon*, insumo que está registrado ante el SENASAG para su comercialización en el país.

Conclusiones

- Se ha establecimiento de la cría masiva de *C. incommoda* y *H. gelotopoeon*, plagas clave del cultivo de la quinua, bajo condiciones de laboratorio de Quipaquipani.

- Se ha determinado el ciclo biológico de *C. incommoda* y *H. gelotopoeon* los cuales alcanzan a 68.5 y 143.5 días promedio, respectivamente.
- Se dispone de protocolos de cría para *C. incommoda* y *H. gelotopoeon*.
- Se ha desarrollado una dieta artificial a base de harina de quinua para la cría masiva de "ticona" en laboratorio.
- Se ha desarrollado de forma conjunta entre PHEROBANK y PROINPA la feromona específica para *H. gelotopoeon*.

Agradecimientos. A la Fundación McKnight por el financiamiento del presente trabajo a través del proyecto "Desarrollo y validación participativa de las innovaciones tecnológicas que mejoren las estrategias para manejo sostenible del sistema centrado en quinua" y a la Embajada Real de Los Países Bajos, Holanda, que contribuyó con el financiamiento de la 'Investigación para el Desarrollo y Aplicación Efectiva de Feromonas para Mejorar la Producción de Quinua Orgánica en Bolivia".

Referencias citadas

Flores - Pérez, L. N. Bautista, J. Vera, J. Valdez y Angulo, A. 2004. Ciclo de vida y tasas de supervivencia y reproducción de *Copitarsia incomoda* Waler (Lepidóptera: Noctuidae) en tres cultivares de *Brassica oleracea* L.

Pogue, M. 2002. A Word revision of the genus spodoptera gene (Lepidoptera: Noctuidae), Philadelphia, EEUU.

Pogue, M. y C. Harp. 2005. Systematics of Shinia chrysellus (grote) complex: revised status of Schinia alencis (Harvey) with a description of two new species (Lepidoptera; Noctuidae: Heliothinae). Boletín técnico, Revista ZOOTAXA.

PROINPA, 2004. Fundación para la Promoción e Investigación de Productos Andinos, Informe Anual 2003-2004. Rubro Granos Altoandinos. Cochabamba, Bolivia, 137p.

PROINPA, 2008. Fundación para la Promoción e Investigación de Productos Andinos, Informe Proyecto "Herramientas Para el Desarrollo del Manejo Integrado de Plagas en la Producción de Quinua Orgánica" periodo Julio – Noviembre de 2008, Fundación AUTAPO, La Paz, Bolivia, 72 p.

Quispe, R. 2002. Dosis de *Baculorirus Phthorimaea* para el control biológico de *Eurysacca melanoccapta* Meyrick en el cultivo de la quinua. Tesis de Ing. Agro. Facultad de Agronomía, UMSA. La Paz, Bolivia. 86p.

Saravia, R.; C. Castillo y R. Quispe. 2009. Guía técnica para la cría masiva de *Copitarsia incommoda* Walker con dieta artificial. Ficha técnica. Fundación PROINPA. La Paz, Bolivia. 4p.

Control de larvas de *Eurysacca quinoae* Povolny (Gelechiidae: Lepidoptera) con extratos a base de ajo (*Allium spp*.)

Soledad Pinedo[1]; Alejandro Bonifacio[2]; Raúl Saravia[2]; Reinaldo Quispe[2].

[1]Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés (UMSA).

[2]Fundación PROINPA.

***E-mail*:** soledad84_pese@hotmail.com

Resumen

En el presente trabajo se evaluó el efecto de extractos de ajo común (***Allium sativum***) y ajo castilla (***Allium ampeloprasum***) para el control de larvas de ***E. quinoae***, en parcelas de quinua de Quipaquipani (Viacha, La Paz). Los extractos fueron preparados licuando 500 g de ajo pelado, que fue depositado en un ambiente oscuro, para su maceración y finalmente se filtró para obtener el extracto. Se aplicaron tres dosis (0.5, 1.0, 1,5 l /20 l de agua) de extracto de ***A. sativum y A. ampeloprasum***, y dos testigos (agua más adherente y Piretro), además de un testigo absoluto, tratamientos que fueron aplicados en plantas con y sin panoja aislada por Mangas Entomológicas (ME) dentro las unidades experimentales (UE). Para determinar el % Eficiencia, se evaluó el número de larvas vivas 1 día antes de la aplicación de los tratamientos y 1, 3 y 7 días después. Se empleó el Diseño Bloques al Azar con arreglo factorial, más dos testigos extras, factor A (especies de ajo), factor B (dosis), distribuidos en tres bloques. Según los resultados, no se encontró interacción significativa entre extractos de especies y dosis tanto en plantas con panoja aislada con ME como en el resto de plantas de las UE, el efecto de los extractos de ambas especies presentan diferencias significativas, en las tres evaluaciones de plantas con ME, sin embargo no presentan diferencias significativas en plantas sin ME de las UE. El efecto de las dosis presenta diferencias significativas en la 2da y 3ra evaluación en plantas con ME. En el resto de plantas de las UE el efecto de las dosis no presentan diferencias significativas en el control de larvas de ***E. quinoae***. Los rendimientos de quinua de los tratamientos fueron estadísticamente similares. El análisis de costos parciales mostró que el extracto de ***A. ampeloprasum*** 1.5 l/20 l agua, ha registrado la mayor Tasas de Retorno Marginal con un 127.38%.

Palabras claves: *Eurysacca quinoae*; extractos; *Allium sativum*; *Allium ampeloprasum;* quinua.

Introducción

El cultivo de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), al igual que otros cultivos se ve afectado por el ataque de plagas y enfermedades que reducen significativamente su producción. Entre las plagas insectiles se tiene a la polilla de la quinua *Eurysacca quinoae* Povolny (1997), comúnmente llamada "kcona kcona" y el complejo "ticona": *Copitarsia incommoda* Walker, *Helicoverpa gelotopoeon* Dyar, *Helicoverpa atacamae* Hardwick y *Dargida acanthus* Herrich-Schäffer (PROINPA, 2008), las cuales son consideradas plagas de importancia económica por los daños que causan al cultivo, ya sea en su panoja o en sus hojas y tallo en formación de la planta (Saravia y Quispe, 2003). Actualmente, el control de estas plagas se viene realizando con insecticidas químicos, productos que causan problemas a nivel ambiental, afectan a la salud humana y también alteran las propiedades físico-químicos del suelo. Una alternativa, compatible con la producción orgánica, para el manejo de las plagas lo constituyen los extractos vegetales con propiedades repelentes que protegen a las plantas del ataque de insectos y hacen su alimentación o condiciones de vida poco atractivas u ofensivas (Maturana y Oteiza, 1996). Varias plantas pueden ser usadas y aprovechadas por el agricultor para la protección de sus cultivos, en el altiplano se usa tradicionalmente la "muña" (*Minthostachis glabrencens* B.) para proteger papa almacenada contra la polilla de la papa y el gorgojo de los Andes (Cisneros, 1995); en los valles últimamente se está empleando el ajo (*Allium sativum* L.) para el control orgánico de pulgones, gusano cogollero y la polilla del repollo (PLAGBOL, 2004). Así mismo, AOPEB *et al.* (2008) reportan el uso del ajo para combatir el kcakco (*E. melanocampta*) y otras plagas en la producción de quinua ecológica. Sin embargo, aún existen algunos vacíos respecto a su método de preparación y dosis la emplear. Por otra parte, alternativas para el control de la polilla de la quinua acorde a la producción ecológica, aun son escasas o inaccesibles para los productores. Por los antecedentes mencionados, se implementó el presente trabajo con los siguientes objetivos:

- Determinar el efecto de tres dosis de extracto de dos especies de ajo: ajo común (*Allium sativum*) y ajo castilla (*Allium ampeloprasum*) en el control de larvas de la polilla de la quinua.
- Analizar los costos parciales de producción en grano seco de quinua en los diferentes tratamientos propuestos.

Material y métodos

Localización

El presente estudio se realizó en los predios del Centro de Facilidades Quipaquipani, dependiente de la Fundación PROINPA. Ubicada en la comunidad de Charahuayto, a 4 Km al sur de Viacha, capital de la provincia Ingavi del departamento de La Paz.

Muestreo de larvas y preparación de los tratamientos (extractos vegetales)

El muestreo de larvas de polilla de la quinua se realizó periódicamente con el fin de determinar la población ideal para la aplicación de los tratamientos. Para el muestreo se siguió la metodología del manto entomológico, finalmente se identificó la planta muestreada con una lana de color, para que no sea considerada en el próximo muestreo. Para la preparación de los extractos de ajo (ambas especies) se siguió el siguiente procedimiento: primero se licuó 500 g de bulbos (dientes pelado de ajo), en una licuadora doméstica, hasta obtener un licuado homogénea, luego se vació esta solución en una botella plástica de dos litros, seguidamente se agregó agua hasta completar a dos litros del recipiente, el cual fue depositado en un ambiente oscuro, para su maceración por un periodo de dos semanas.

Diseño experimental

Se empleó el Diseño Bloques al Azar con arreglo factorial más dos tratamientos extras (2 x 3); con dos niveles para el factor A (extracto de especies de ajo), tres niveles para el factor B (dosis) y dos testigos extras (T_{01}: agua más adherente y T_{02}: Piretro), totalizando ocho tratamientos distribuidos en tres repeticiones o bloques (Rodríguez del Ángel, 1991). Los tratamientos utilizados en el presente estudio se detallan en el Cuadro 1.

Cuadro 1.
Tratamientos empleados para el estudio.

No	Tratamiento	Descripción
1	T_{01}	Agua más adherente (testigo 1)
2	T_{02}	0.1 l de Piretro/20 l de agua (testigo 2)
3	$T_1(a_1\ b_1)$	0.5 l de extracto de ajo común/20 l de agua
4	$T_2(a_1\ b_2)$	1.0 l de extracto de ajo común/20 l de agua
5	$T_3(a_1\ b_3)$	1.5 l de extracto de ajo común/20 l de agua
6	$T_4(a_2\ b_1)$	0.5 l de extracto de ajo castilla/20 l de agua
7	$T_5(a_2\ b_3)$	1.0 l de extracto de ajo castilla/20 l de agua
8	$T_6(a_2\ b_3)$	1.5 l de extracto de ajo castilla/20 l de agua

Además, se incluyó un testigo absoluto (ninguna aplicación de control) para la determinación del porcentaje de eficiencia de los tratamientos.

Aplicación de los tratamientos

La aplicación de los tratamientos en las unidades experimentales fue realizada de dos maneras: la primera, en 5 plantas (con panoja aislada por una manga entomológica) de las unidades experimentales; y la segunda, de forma general a todas las plantas de la unidad experimental. Las plantas aisladas con manga entomológica fueron infestadas con 10 larvas de *E. quinoae* (2do. a 3er. estadio) colectadas de parcelas adyacentes. La aplicación de los tratamientos en las mangas fue manual con la ayuda de un pulverizador, se empezó con el testigo (agua más adherente), continuando con la dosis baja,

luego las dosis altas de los extractos de ajos y finalizando con la aplicación del Piretro. Una vez aplicado los tratamientos se procedió inmediatamente al cerrado de las mangas teniendo el cuidado de no hacer caer las larvas infestadas de la panoja. En cambio, la aplicación en el resto de la parcela fue con ayuda de una mochila aspersora de 20 l de capacidad, al resto de plantas de la unidad experimental. Cuando el número de larvas de *E. quinoae* alcanzó un promedio de 7.56 larvas por planta, y se encontraban en la fase fenológica de grano pastoso a masoso.

Determinación del porcentaje de eficiencia

Para determinar el porcentaje de eficiencia, Arning (2001) indica que el efecto de los tratamientos, cuando el ataque de insectos antes de la aplicación es asimétrico, pueden ser calculados por la fórmula de Henderson y Tilton, a través del conteo de larvas vivas en los tratamientos y el testigo.

Análisis de costos parciales

El análisis de costos parciales de los tratamientos en estudio, fue realizado en base a la metodología, de los presupuestos parciales, propuesta por el Programa de Economía del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). Método empleado para organizar datos experimentales con el fin de obtener los costos y beneficios de los tratamientos alternativos; comprende la descripción de los presupuestos parciales, análisis de dominancia y la determinación de Tasa de Retorno Marginal (CIMMYT, 1998).

Resultados y discusión

Eficiencia de los extractos en el control de larvas de E. quinoae, en plantas (con panoja aislada por manga entomológica)

Los porcentajes de eficiencia obtenidos para el control de larvas de *E. quinoae*, en los tres periodos de evaluación (1er., 3er. y 7mo. día), por efecto de los tratamientos se muestran en el Cuadro 2. Según el mismo cuadro, los tratamientos a base del extracto de ajo castilla registraron eficiencias de 27.85, 38.20 y 45.89 % promedio para las dosis 0.5, 1.0 y 1.5 l de extracto de ajo castilla/20 l agua, respectivamente, logrando una eficiencia promedio de 37.31 %. En cambio, los tratamientos a base del extracto de ajo común registraron eficiencias de 23.33, 25.16 y 32.36% para las dosis 0.5, 1.0 y 1.5 l de extracto de ajo común/20 l agua, respectivamente y un promedio de 26.95 % de eficiencia.

Cuadro 2.

Porcentaje de eficiencia de tres dosis de ajo común y ajo castilla, en tres periodos de evaluación, para el control de larvas de E. quinoae en plantas (con panoja aislada por manga entomológica) de las unidades experimentales.

No	Tratamiento	Dosis (/20 l de agua)	% Eficiencia			
			1er día	3er día	7mo día	Promedio
1	Ajo común1	0.5 l de extracto	12.15	30.57	27.27	**23.33**
2	Ajo común2	1.0 l de extracto	16.22	31.23	28.03	**25.16**
3	Ajo común3	1.5 l de extracto	17.55	40.90	38.64	**32.36**
Promedio			**15.31**	**34.23**	**31.31**	**26.95**
4	Ajo castilla1	0.5 l de extracto	22.97	32.56	28.03	**27.85**
5	Ajo castilla2	1.0 l de extracto	22.99	46.91	44.7	**38.20**
6	Ajo castilla3	1.5 l de extracto	31.06	54.33	52.27	**45.89**
Promedio			**25.67**	**44.6**	**41.67**	**37.31**
7	Testigo$_{01}$	agua+adherente	2.03	8.79	3.03	**4.62**
8	Testigo $_{02}$	0.1 l de Piretro	70.95	74.78	72.73	**72.82**

Respecto a los testigos (Cuadro 2) el Piretro, testigo$_{02}$, para el control de larvas de *E. quinoae* al 1er., 3er., y 7mo. día de evaluación, registró eficiencias de 70.95, 74.78 y 72.73 %, respectivamente, con un promedio de 72.82%. En cambio, el testigo$_{01}$ (agua más adherente) registró eficiencias de 2.03, 8.79 y 3.03 % en los mismos periodos de evaluación, respectivamente, con un promedio de 4.62 %.

Eficiencia de los extractos de ajo común y ajo castilla para el control de larvas de E. quinoae en plantas (sin panoja aislada por manga entomológica)

El Cuadro 3 muestra, los resultados de la eficiencia de los tratamientos para el control de larvas de *E. quinoae* en los periodos de evaluación. De forma general, se observa que los tratamientos a base del extracto de ajo castilla obtuvieron las siguientes eficiencias: 24.37, 27.57 y 34.41 % para las dosis de 0.5, 1,0 y 1,5 l/20 l agua, respectivamente, logrando una eficiencia promedio de 28.78 %. La eficiencia obtenida por los tratamientos a base de extracto de ajo común fueron de 20.37, 22.55 y 30.98 %, para las mismas dosis y un promedio de 24.63 % de eficiencia en el control de larvas de *E. quinoae*.

Cuadro 3.

Porcentaje de eficiencia de tres dosis de ajo común y ajo castilla, en los tres periodos de evaluación, para el control de larvas de** E. quinoae **en plantas (sin panoja aislada por manga entomológica) de las unidades experimentales.

No	Tratamiento	Dosis (/20 l de agua)	% Eficiencia			
			1 día	3 día	7 día	Promedio
1	Ajo castilla1	0.5 l extracto	14.33	26.45	20.31	20.37
2	Ajo castilla2	1.0 l extracto	15.88	27.06	24.70	22.55

3	Ajo castilla3	1.5 l extracto	30.12	34.18	28.64	30.98
Promedio			**20.11**	**29.23**	**24.55**	**24.63**
4	Ajo castilla1	0.5 l extracto	22.37	28.27	22.46	24.37
5	Ajo castilla2	1.0 l extracto	23.5	31.01	28.19	27.57
6	Ajo castilla3	1.5 l extracto	29.84	38.27	35.13	34.41
Promedio			**25.23**	**32.51**	**28.59**	**28.78**
7	$Testigo_{01}$	agua+adherente	5.53	6.28	4.04	5.28
8	$Tesigo_{02}$	0.1 l de Piretro	71.41	62.08	55.9	63.13

El mismo cuadro muestra también los resultados de los testigos, de los cuales el Piretro, registró una eficiencia de 71.41, 62.08 y 55.9 %, en el control de *E. quinoae,* para el 1er, 3er, y 7mo día de evaluación, respectivamente. En cambio, el testigo a base de agua más adherente registró eficiencia de 5.53, 6.28 y 4.04 % en las tres evaluaciones.

En relación a la propiedad de insecticida de los ajos (*A. sativum*, *A. ampeloprasum*) para Aguirre y Delgado (2010), en los extractos de este género el principio activo con mayor acción insecticida es la Allina o sulfóxido de S-alil-cisteína (aminoácido azufrado), que se transforma en Alicina por acción de la enzima Allinasa, estos principios activos actuando en forma aislada o conjunta son muy buenos plaguicidas. Propiedad que explicaría la mortalidad de larvas de *E. quinoae*, reportadas en el presente estudio, por la aplicación de los extractos de ajo común y castilla o elefante. Además según Brechelt (2004), el ajo actúa por ingestión, causando ciertos trastornos digestivos en consecuencia el insecto deja de alimentarse, y en algunos casos causa cierta irritación en la piel de las orugas. Este último aspecto fue observado durante la evaluación del presente estudio, larvas de *E. quinoae* después de la aplicación de los extractos presentaban movimientos bruscos de su cuerpo, movimientos que podrían explicarse como respuesta defensiva del insecto a la irritación causada por la aplicación de la solución con el extracto de ajo al entrar en contacto con su ectoesqueleto. Respecto al testigo (agua más adherente) que ha registrado bajas eficiencias, lo cual se explica por el efecto inoculo que tiene el agua contra los insectos. Sin embargo, se ha registrado algún porcentaje de mortalidad (bajo) el cual podrían haber sido causado por acción del jabón empleado como coadyuvante, al igual que en los demás tratamientos. Ya que según O'Farril (2009), aunque el modo de acción de los jabones naturales y sintéticos sobre los insectos no está claramente establecido, una de las teorías establece que los jabones obstruyen los espiráculos y como consecuencia los insectos se sofocan y mueren, los insectos de cuerpo blando, entre ellos las larvas son los más vulnerables, grupo en el cual están las larvas de la polilla de la quinua evaluadas en el presente estudio. Así mismo Ayala y La Rosa (2007), afirman que el efecto de los extractos no es tan agresivo ni fulminante como el de los insecticidas químico sintéticos en el control de plagas. Característica deseable para productos permitidos por la norma de producción ecológica de la quinua, la cual no considera la erradicación total de la plaga, sino que impulsa la restauración, preservación y la consolidación del balance de los ecosistemas (AOPEB, 2006).

Análisis de costos parciales

La Figura 1 nos muestra la curva de Beneficios Netos de los tratamientos aplicados para el control de larvas de *E. quinoae.* En la Figura 1, se muestra que el T_{01} (agua más adherente) con un Beneficio Neto de 6,616.4 Bs/ha al pasar al T_4 (extracto de ajo castilla 0.5 l /20 l agua) obtuvo una Tasa de Retorno Marginal de 574.25% lo que significa que por 1 Bs. invertido puede esperar recobrar 1 Bs y obtener 5.74 Bs. adicionales. De la misma manera el T_4 (extracto de ajo castilla 0.5 l /20 l agua) con un Beneficio Neto de 7,108.82 Bs/ha obtiene una Tasa de Retorno Marginal de 1,753% al pasar al T_{02} (Piretro 0.1 l/20 l agua) lo que indica que por cada 1 Bs invertido se obtendrá 1 Bs más 17.53 Bs, en cuanto a la Tasa de Retorno Marginal obtenida del T_{02} (Piretro 0.1 l/20 l agua) con un Beneficio Neto de 7,709.16 al pasar al T_5 (1.5 de extracto de ajo castilla/20 l agua) es de 127.38% lo que indica que por cada boliviano invertido se tendrá una ganancia de 1.27 Bs más lo invertido.



Figura 1.
***Curva de Beneficios Netos de tratamientos aplicados para el control de larvas de** E. Quinoae.*

Conclusiones

- La eficiencia promedio de los extractos de las dos especies de ajo fue estadísticamente diferente, sobresaliendo *A. ampeloprasum* (ajo castilla) con 37.31% en comparación de *A. sativum* (ajo común) con 26.95% en el control de larvas de *E. quinoae*, en plantas con panoja aislada por manga entomológica. Sin embargo, en plantas sin panoja aislada por manga entomológica las eficiencias fueron estadísticamente similares.

- Las dosis de ambos extractos de ajo (*A. ampeloprasum y A. sativum*) mostraron diferencias significativas, en el control de larvas de la polilla de la quinua, para las dos últimas evaluaciones (3er. y 7mo. día) y no así para la primera evaluación (1er. día), tanto en plantas con y sin panoja aislada por manga entomológica.
- Entre las dosis a base de *A. sativum*, su dosis alta (1.5 l/20 l de agua) fue estadísticamente diferente, controlando mejor a la polilla de la quinua con 40.9% y 38.64 % de eficiencia para el 3er. y 7mo. día de evaluación, respectivamente, en plantas con panoja aislada por manga entomológica.
- Ambos extractos de ajo (*A. ampeloprasum y A. sativum*), aplicados en plantas de quinua sin panoja aislada por manga entomológica, no mostraron diferencias significativas, en los tres periodos de evaluación, para el control de larvas de la polilla de la quinua.
- De los tratamientos aplicados para el control de larvas de *E. quinoae* el extracto de ajo castilla con la dosis 1.5 l /20 l agua registró una Tasa de Retorno Marginal de 127.38%, siendo mayor a la Tasa de Retorno Marginal mínima aceptable.

Referencias citadas

Aguirre, V. y V. Delgado. 2010. Pesticidas Naturales y Sintéticos. En Revista Ciencia. Vol. 13.1 Escuela Politécnica del Ejercito. Ecuador. pp 43-53.

Arning, I. 2001. Guía Metodológica para investigadores agrícolas. Introducción práctica a la investigación participativa e investigación científica. RAAA. Lima Peru.152p.

AOPEB, 2006. Asociación de Organizaciones de Productores Ecológicos de Bolivia. Normas Básicas para la Agricultura Ecológica de Bolivia Serie de Manuales Técnicos. 8vaEd. La Paz- Bolivia. 72p.

AOPEB, ANAPQUI, CECAOT, VSF-CICDA. 2008. Control de Plagas en la Producción de Quinua Ecológica. 1ra. Ed. Cartilla No.3. Fundación AUTAPO. La Paz, Bolivia. 14 p.

Ayala, H. y R. La Rosa. 2007. Efecto alelopático de tres extractos vegetales sobre el desarrollo de *Raphanus sativus* (Brassicaceae) en el Perú. En Revista del Encuentro Científico Internacional ECIPERU Volumen 4 - Número 2, Lima Perú.

Brechelt, A. 2004. Manejo Ecológico de Plagas y Enfermedades. Fundación Agricultura y Medio Ambiente (FAMA), República Dominicana. Edición: Red de Acción en Plaguicidas y sus Alternativas para América Latina (RAP-AL). Santiago de Chile, Chile. 36 p.

CIMMYT. 1998. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica. D.F: México. 31p.

Cisneros, F. 1995. Control de plagas agrícolas. Editorial AGCIS - Electronic, 2da. Edición. Lima, Perú. pp. 137-139.

Maturana, C. y P. Oteiza. 1996. Recetario de productos alternativos. Corporación de Investigación en Agricultura Orgánica (CIAL). Santiago. Chile. 65p.

O'Farril, H. 2009. Insecticidas Biorracionales. Disponible en: http://academic.uprm.edu/ofarrill/HTMLobj-323/biorational.pdf (consultado el 04/04/2011).

PLAGBOL. 2004. Plaguicidas Bolivia. Manejo Integrado de Plagas. Manual MIP. Cartilla 6. La Paz, Bolivia. 84p.

Povolny, D. 1997. *Eurysacca quinoae* - a new quinoa-feeding species of the tribe Gnorinioschemini (Lepidoptera.Gelechiidae) from Bolivia. Ibid. 22: 41-43.

PROINPA, 2008. Fundación para la Promoción e Investigación de Productos Andinos, Informe Proyecto "Herramientas Para el Desarrollo del Manejo Integrado de Plagas en la Producción de Quinua Orgánica" periodo Nov 2007-Junio 2008, Fundación AUTAPO, La Paz, Bolivia, 53 p.

Rodríguez del Ángel J.M., 1991. Métodos de investigación pecuaria. Editorial Trillas México D. F., pp. 128.

Saravia, R. y R. Quispe. 2003. La polilla de la quinua *Eurysacca melanocampta* Meyrick. Ficha Técnica N 5. PROINPA, La Paz – Bolivia. 4p.

Evaluación de estrategias, en el control de la polilla de la quinua (*Eurysacca sp*.), en el cantón Crucero de Belén del departamento de Oruro

Marcelo Gonzales; Freddy Cota; Vladimir Vásquez; Pedro Pally; Abrahan Flores.

Centro de Investigación de la Quinua, Universidad Técnica de Oruro.

E-mail: marcelogonzalest@hotmail.com

Introducción

La quinua *Chenopodium quinoa* Willd., es un cultivo considerado como principal fuente alimentaria, debido a su alto contenido proteínico, además es uno de los cultivos de importancia económica y social en el Altiplano boliviano, porque genera ingresos a través de su comercialización y está presente en la alimentación del agricultor. Los factores limitantes para la producción de quinua en el Altiplano Central, son las plagas, enfermedades, heladas, sequías y granizos, a ello se suma los suelos de baja fertilidad.

Entre los factores bióticos que mayores daños causan al cultivo se encuentran las plagas insectiles, que causan pérdidas de importancia en las diferentes fases fenológicas del cultivo. En el Altiplano, la polilla de la quinua *Eurysacca sp.* Meyrick, conocida como kcona kcona, y el complejo de ticonas o ticuchis *Heliothis titicaquensis, Copitarsia sp., Feltia sp. y Spodoptera sp*. son consideradas como plagas de mayor importancia económica, por los daños que causan al cultivo de la quinua.

La eficiencia de diferentes estrategias de control orgánico de plagas comparados con controles químicos es importante para poder dar contexto de su eficiencia con respecto a los productos sintéticos del mercado por las consideraciones mencionadas se han planteado los siguientes objetivos:

Objetivo general

- Evaluar las estrategias de manejo, en el control de la polilla de la quinua (*Eurysacca sp.*), en el Cantón Crucero de Belén del Departamento de Oruro.

Objetivos específicos

- Evaluar la eficiencia de insecticidas naturales y químicos en el control de la polilla de la quinua.
- Determinar resultado de ataque de la polilla en el rendimiento de la quinua.

Materiales y métodos

Localización

El presente trabajo se realizó en el Cantón de Crucero de Belén, ubicada aproximadamente a 26 Km. de la ciudad de Oruro de la Provincia Cercado del departamento de Oruro. Geográficamente ubicada a 18º10'59.99" de latitud sud y 67º 09'00.00 de longitud Oeste y a una altitud aproximada de 3700 msnm.

Clima. Las condiciones climáticas de la zona se caracterizan por tener un medio ambiente semiárido y frígidos con precipitaciones menores a los 400 mm (entre enero y marzo). Las temperaturas del aire son bajas, su promedio anual se encuentra entre 8º a 6 ºC, los valores medios extremos oscilan entre -2º y 19ºC.

Suelos. Los suelos se encuentra al inicio de la llanura fluvio lacustre deposicional de la cuenca del Desaguadero y del Lago Poopó, es región de altipampa, formada sobre un relleno lacustre y fluvial del antiguo gran lago denominado Minchin.

Los suelos del área presentan acumulación de sales y/o sodio y problemas de inundación.

Vegetación. La vegetación característica de la zona está conformada por: Tholares, pajonales, cultivos de alfalfa y q´awchi.

Materiales

Materiales de campo. Cuadernillo de campo, cámara fotográfica (digital), herramientas pala, picota, estacas, sacos, pinturas, bolsas de polietileno, marcadores, mochila aspersores y envases de plástico.

Material de gabinete. Computadora e impresora, fotocopias y material de escritorio.

Material biológico y químico. Variedad (ecotipo local tempranero), adherente mineral (gomax), acaricida natural (acaritop), polisulfuro de calcio (biosulfocal), *Bacillus thuringiensis* (bt), extracto de eucalipto, imidacloprid (confidor plus), cypermetrina (cypertrin ec 250), manejo local y spinosad (succes).

Metodología

El trabajo de investigación se realizó bajo recomendación de aplicación de diferentes estrategias utilizados en el mercado local para el control de plagas de la quinua comparadas con controles químicos y un testigo absoluto (sin aplicación).

Cuadro 1.
Descripción de los tratamientos.

TRATAMIENTO	APLICACIONES	
AC_BT_T1	Acaricida natural (Acaritop)	*Bacillus thuringiensis* (BT)
BS_EE_T2	Polisulfuro de calcio (Biosulfocal)	Extracto de eucalipto
CP_SS_T3	Imidacloprid (Confidor Plus)	Spinosad (Succes)
CY_CY_T4	Cypermetrina (Cypertrin EC 250), Manejo local	Cypermetrina (Cypertrin EC 250), Manejo local
TA_T5	Testigo absoluto, sin aplicación	

La aplicación de los controles se realizó según la incidencia de perjuicio de la plaga al cultivo de la quinua.

Cuadro 2.
Fechas de aplicaciones.

Fecha	APLICACIONES	Fecha	APLICACIONES
26/01/11	Acaricida natural (Acaritop)	26/03/11	*Bacillus thuringiensis* (BT)
26/01/11	Polisulfuro de calcio (Biosulfocal)	26/03/11	Extracto de eucalipto
26/01/11	Imidacloprid (Confidor Plus)	26/03/11	Spinosad (Succes)
26/01/11	Cypermetrina (Cypertrin EC 250), Manejo local	26/03/11	Cypermetrina (Cypertrin EC 250), Manejo local
26/01/11	Testigo absoluto, sin aplicación	26/03/11	Testigo absoluto, sin aplicación

Resultados y discusiones

Resumen de ANVAS

En el Cuadro 3 se puede apreciar que no existe significancia en las variables agronómicas (altura planta, longitud panoja, diámetro panoja y diámetro tallo), lo que indica que son similares las variables a la aplicación de los tratamientos. Además podemos observar una alta significancia en el rendimiento lo que indica que existe una influencia de los tratamientos.

Cuadro 3.
Resumen de Análisis de Varianza.

Variable de respuesta	Pr > F
Altura planta cm	0.2754 ns
Longitud panoja cm	0.6148 ns
Diámetro panoja	0.4698 ns
Diámetro tallo	0.7489 ns
Rendimiento	0.0021 **

ns = no significativo
**= Altamente significativo

Variables agronómicas

Altura planta, se observa que no existe diferencia significativa en la altura planta pero se observa una altura mayor con el tratamiento T5 con (81,9 cm), la menor altura se puede observar con el tratamiento T1 con (76,6 cm) las demás alturas se encuentran por el promedio de alturas, estos resultados pueden atribuirse al utilización de una sola variedad local.

Longitud panoja, se observa que no existe diferencia significativa en longitud panoja pero se destaca una longitud mayor con el tratamiento T4 con (19,205 cm), la menor longitud se puede observar con el tratamiento T1 con (16,913 cm) las demás longitud se encuentran por el promedio de longitudes altos y bajos, estos resultados pueden atribuirse a la utilización de una sola variedad local.

Diámetro panoja, se observa que no existe diferencia en diámetro panoja pero se observa un mayor diámetro con el tratamiento T2 con (3,7 cm), el menor diámetro se puede observar con el tratamiento T3 con (3,4 cm) los demás diámetros se encuentran por el promedio de diámetros altos y bajos y estos resultados pueden atribuirse a la utilización de una sola variedad local.

Diámetro tallo, se observa que no existe diferencia significativa en diámetro tallo pero se observa un mayor diámetro tallo con el tratamiento T1 con (1.3 cm), el menor diámetro se puede observar con el tratamiento T3 con (1.2 cm) los demás diámetros se encuentran por el promedio de los demás diámetros altos y bajos, estos resultados pueden atribuirse a la utilización de una sola variedad local.

Rendimiento, se observa que existe diferencia en rendimiento en grano, se observa un mayor rendimiento con el tratamiento T3 con (811.50 kg/ha.), el menor rendimiento se puede observar con el tratamiento T1 con (446.00 kg/ha) los demás rendimientos se encuentran por el promedio de los demás rendimientos altos y bajos, estos resultados pueden atribuirse a la utilización de estrategias de control.

Cuadro 4.
Comparación de medias de variables agronómicas.

Variables de respuesta	AC_BT_T1	BS_EE_T2	CP_SS_T3	CY_CY_T4	TA_T5
Altura planta cm	76.635 a	79.625 a	80.763 a	79.100 a	81.948 a
Longitud panoja cm	16.913 a	18.963 a	18.055 a	19.205 a	17.813 a
Diámetro panoja	3.6250 a	3.7000 a	3.4150 a	3.4475 a	3.6000 a
Diámetro tallo	1.26250 a	1.20500 a	1.16000 a	1.16750 a	1.24000 a
Rendimiento	553.75 bc	594.75 bc	811.50 a	712.25 ab	446.00 c

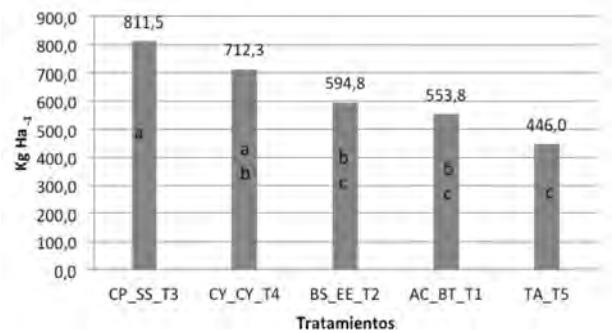


Figura 1.
Rendimiento a la aplicación de diferentes estrategias de control.

Se observa claramente que en químicos hay mayor rendimiento, el más sobresaliente es el tratamiento T3 que consta de (Confidor plus y Succes) con 811,5 kg/ha. en comparación con otro químico que es T4 que consta de (Cypertrin Manejo local) con 712,25 kg/ha. En insumos orgánicos se aprecia claramente que el tratamiento T2 (Biosulfocal y Extracto de eucalipto) presenta un valor más sobresaliente con 594,75 kg/ha. en comparación con otro orgánico que es el T1 que consta de (Acaritop y Bacillus thuringuiensis) con 553,75 kg/ha.

El testigo absoluto que es el T5 es el más bajo en cuanto a rendimiento con 446 kg/ha. esto debido a que no se ha aplicado ningún producto.

Porcentaje de eficiencia

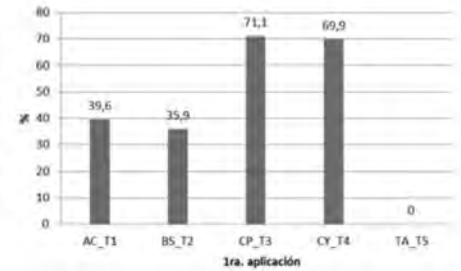
En la primera aplicación, se observa claramente que en químicos hay mayor eficiencia,

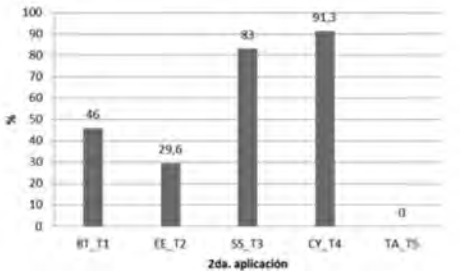
el más sobresaliente es el tratamiento T3 que consta de (Confidor plus) (Succes) con 71,1 % de eficiencia en comparación con otro químico que es T4 que consta de (Cypertrin Manejo local) con una eficiencia de 69,9 %.

En la segunda aplicación, se observa claramente que los químicos hay mayor eficiencia, el más sobresaliente es el tratamiento T4 que consta de (Cypertrin Manejo local) con 91,3 % de eficiencia en comparación con otro químico que es T3 que consta de (Succes) con una eficiencia de 83,0 %.

En la primera aplicación, en insumos orgánicos se aprecia claramente que el tratamiento T1 (Acaritop) presenta un valor más sobresaliente con 39,6 % de eficiencia, en comparación con otro orgánico que es el T2 (Biosulfocal y Extracto de eucalipto) que consta de con 35,9 % de eficiencia.

En la primera aplicación, en insumos orgánicos se aprecia claramente que el tratamiento T1 (*Bacillus thuringuiensis*) presenta un valor más sobresaliente con 46,0 % de eficiencia, en comparación con otro orgánico que es el T2 (Extracto de eucalipto) que consta de con 29,6 % de eficiencia.





Figuras 2 y 3.
Porcentajes de eficiencia a la aplicación de diferentes estrategias de control.

Conclusiones

- Bajo condiciones del altiplano central las precipitaciones este año fueron tardías las cuales son vitales en el comportamiento de la planta e insectos plaga, porque la tardía aparición de las polillas se atribuye a las lluvias registradas.
- Las ticonas son plagas de importancia en las primeras fases del cultivo como cortadores de plantas tiernas, donde se presentaron poca cantidad entre 1 a 2 larvas por planta. En tanto las kcona kconas por sus hábitos alimenticios y preferencia por los granos en las primeras fases del cultivo se presentaron poca cantidad entre 1 a 5 larvas por planta, pero en las últimas fases del cultivo las kcona kcona se presentaron mayor cantidad entre 10 a 30 larvas por panoja.
- En la formación del grano la presencia de 2 larvas/planta de kcona kcona causa una reducción aproximada del 15%, esta disminución equivale al costo del tra-

tamiento, por tanto es el momento de realizar el control. Poblaciones inferiores a las mencionadas no causan daños de consideración; contrariamente las altas densidades provocan enormes pérdidas en la producción.

- Las altas eficiencias de 46,0% presentadas por BT en kcona kconas, demuestran que este es una alternativa económicamente importante en el control de plaga. Asimismo, el COFIDOR PLUS, SUCCES Y CYPERTRIN, por las buenas eficiencias se constituyen con las mismas opciones que los orgánicos; pero estos son dañinos para la fauna benéfica.

Referencias citadas

CHAMBILLA, C. M; Gonzáles, C; Jarandilla, y Baltazar, B. 2008. Estudio de la Fluctuación Poblacional del Complejo Ticonas de la Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) Bajo Condiciones Actuales de Cambio Climático. La paz – Bolivia. p. 2.

CRESPO, M. y Suarez, A. 2007. Sistematización de la Experiencia de PROBIOMA en la Producción y Transferencia de Agentes de Control Biológico para el Manejo Responsable del Cultivo de Soya. Santa Cruz – Bolivia. p. 10.

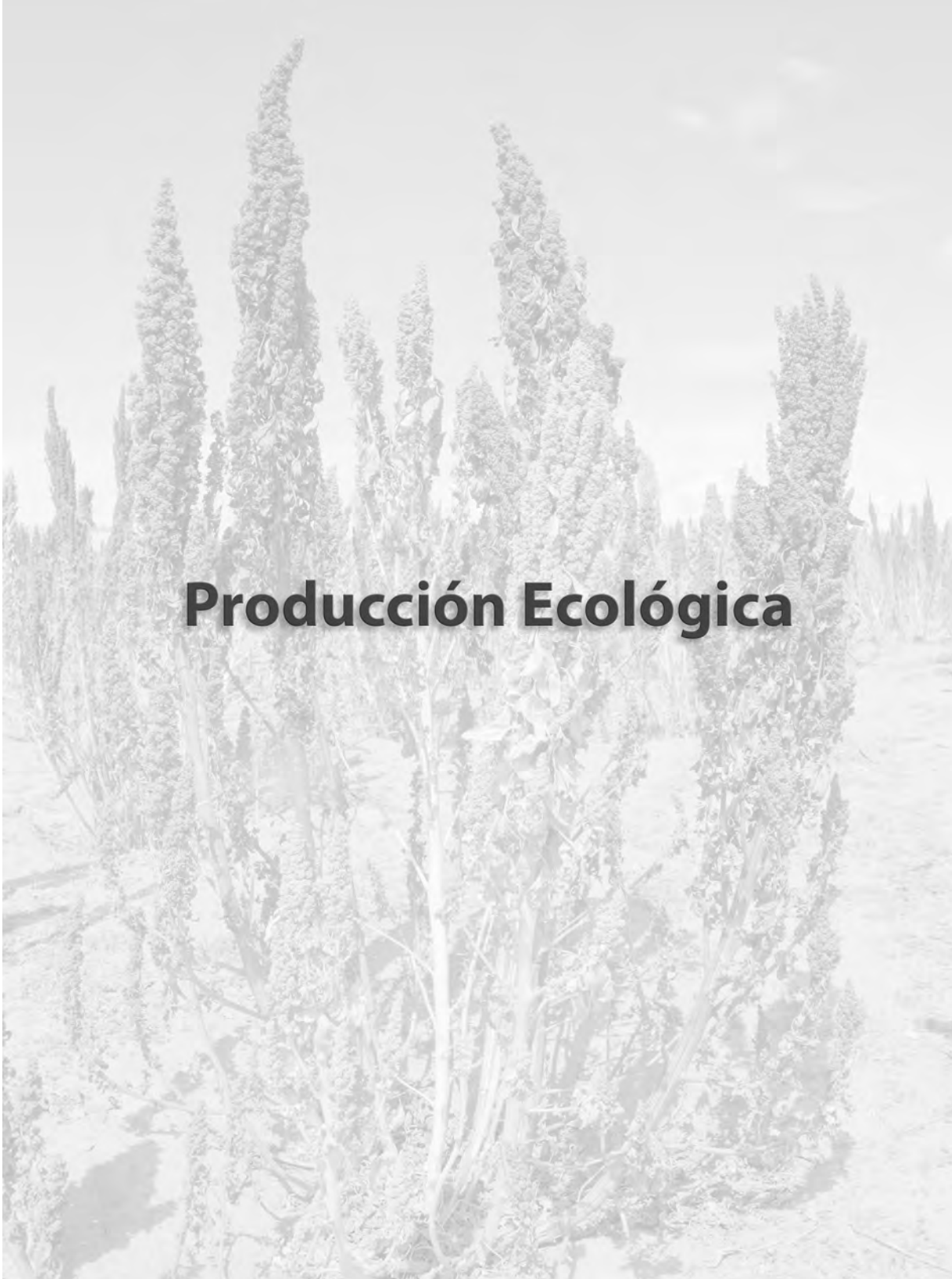
LA PATRIA Ltda. 2010. Edición del 25 de diciembre. Oruro – Bolivia. p. 4.

BARRIENTOS, R.M.1985. Dinámica poblacional de ciclos biológicos de insectos en quinua *Chenopodium quinoa* Willd.). Resúmenes de XXVIII Convención Nacional de Entomología. Puno, Perú P. 1-15.

MUJICA, A.1993. Cultivo de Quinua INIA, TTA Serie Manual, Lima, Perú.

TAPIA, M., H. Gandarillas, S. Alandia, A. Cardozo y A. Mújica (eds.). 1979. La Quinua y la Kañihua, Cultivos Andinos. CIID-IICA, Bogotá, Colombia 1era ed. P. 5-147.

ZANABRIA, E. y F. CACEDA. 1985. Perspectivas de control integrado de plagas en quinua y cañihua en Puno. XXVIII Convención Nacional de Entomología. Puno, Perú.



Producción Ecológica

Metabolitos generados por cepas de *Trichoderma* spp., una nueva biotecnología potencial para la producción orgánica de quinua

Claudia Miranda[2]; Mayra Claros[1]; Noel Ortuño[1].

[1]Fundación PROINPA.

[2]Facultad de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales, Bioingeniería, USIP.

E-mail: n.ortuno@proinpa.org y claupao_cruz@hotmail.com

Resumen

Estudios preliminares mostraron que el ***Trichoderma*** nativo aislado del cultivo de quinua y papa nativa de las zonas del Altiplano y Puna de Bolivia, mostraron la presencia de metabolitos secundarios (MS) generados por enfrentamientos duales de ***Trichoderma-Trichoderma,*** con lo cual se seleccionaron 35 cepas que tenían el potencial de generar MS, con estas se seleccionaron 20 enfrentamientos (PROINPA,2012), las que requerían ser evaluadas para su uso en plantas de quinua estresadas como se observa en el Altiplano boliviano. Los 20 enfrentamientos duales se colocaron en medio líquido PDB en agitación constante, luego de 9 días de crecimiento se realizó el filtrado del caldo para separar los metabolitos sintetizados por el hongo del micelio formado. Se utilizaron como modelos biológicos a la lechuga (***Lactuca sativa)*** y rábano (***Raphanus sativus***), ambos por su ciclo corto, producción de follaje y bulbo, respectivamente, en condiciones de invernadero, ambos cultivos fueron inoculados con los MS, donde se encontró que, los mejores tratamientos para el ensayo de lechuga son los enfrentamientos 3 (BP-T0001—BPT0029), 4 (BP-T0006—BPT0028), 7 (BP-T0007—BPT0024) y el cultivo individual I (BP-T0028) como las mejores cepas inductoras de crecimiento, largo de hojas, el peso de hoja y volumen de raíz. Para el ensayo de rábano los mejores tratamientos fueron el enfrentamiento 10 (BP-T0015—BPT0025) y el cultivo individual K (BP-T0031) como inductores del largo de raíz, diámetro y peso de bulbo. De esta forma se tiene un set de MS producidos por ***Trichoderma*** sp. los que serán evaluados en condiciones de campo en cultivo de quinua y así desarrollar una nueva biotecnología para la producción orgánica de quinua.

Palabras claves: Metabolitos secundarios; hongo promotor de crecimiento; quinua orgánica.

Introducción

Trichoderma es un género de hongos que tiene bastante importancia para la vida humana y la funcionalidad de un ecosistema. Este género es uno de los principales descomponedores de la materia orgánica y es esencial para la recirculación de nutrientes en el medio ambiente. Algunos miembros de este género tienen asociaciones simbióticas con plantas, mientras que otros son usados como agentes de biocontrol contra organismos patógenos, además de la producción de enzimas industriales (Druzhinina & Kubicek 2005) y Metabolitos Secundarios (MS) como antibióticos y Promotores del Crecimiento de Plantas (PGP: Plant Growth Promoting), ideales para el área de la agricultura (Harman *et al.* 2004, Vinale *et al.* 2006, Vinale *et al.* 2008, Vinale *et al.* 2009, Druzhinina *et al.* 2011). Debido a que *Trichoderma* es uno de los hongos que está presente en casi todos los suelos agrícolas, la versatilidad, adaptación y fácil manipulación (Fernández-Larrea 2001) ha permitido su uso por más de 70 años como antagonista para el control de enfermedades en plantas producidas por hongos en el mundo (Kubicek & Harman 2002).

Dentro de los metabolitos secundarios (MS) sintetizados por *Trichoderma* spp., se encuentra la hormona auxínica ácido-3-indolacético (AIA) que actúa como inductora del crecimiento de la planta (Gravel *et al*. 2007). Estableciendo a *Trichoderma* como Hongo Promotor del Crecimiento de Plantas (PGPF: Plant Growth Promoting Fungi) (Yedidia *et al*. 1999, Harman 2000, Gravel *et al*. 2007, Vinale *et al*. 2008, Achá 2008). Esta acción ha sido estudiada mediante la inducción de la producción de metabolitos con: (i) aminoácidos inductores específicos de hormonas (AIA) como el L-triptófano (L-Trp) (Gravel *et al*. 2007), (ii) patógenos (Vinale *et al*. 2006, Vinale *et al.* 2008) y (iii) el inóculo directo de *Trichoderma* spp. identificado como PGP. Ya que ha logrado incrementar la velocidad y porcentaje de germinación, reducir los efectos causados por condiciones de estrés ambiental (Bjorkman *et al*. 1998), como también el aumento de la altura de las plantas, peso seco y tamaño de las raíces (Kleifeld & Chet 1992).

Es así que, tomando en cuenta la creciente demanda de nuevas alternativas ecológicas para la producción orgánica de quinua se han desarrollado la evaluación de MS producidos por cepas nativas de *Trichoderma* spp. aisladas del Altiplano y Puna en Bolivia.

Materiales y métodos

En anteriores trabajos se seleccionaron cepas nativas de *Trichoderma* que tenían la capacidad de generar MS (PROINPA, 2012). El presente trabajo se realizó con 35 aislados de *Trichoderma* spp. conservados en la colección del Laboratorio de Microbiología de la Fundación PROINPA.

El ensayo se realizó en el laboratorio e invernadero de Microbiología Agrícola de la Fundación PROINPA, ubicada en la provincia Quillacollo del departamento de Cochabamba, que se encuentra a 15 Km de la ciudad, a una altitud de 2613 msnm y cuyas coordenadas geográficas son 17˚21'00,7" latitud sur y 66˚ 15'40,6" longitud oeste.

Se determinó la capacidad de síntesis de Acido Indol Acético (AIA) de las 35 cepas de *Trichoderma* spp. de forma individual, siguiendo el protocolo establecido por Rico (2009). Inicialmente, se preparó el medio de cultivo caldo de papa (PDB: Potato-Dextrose-Broth). Una vez esterilizado y tibio el medio de cultivo, se agregó al caldo L-Triptofano. Luego se inocularon 35 cepas de *Trichoderma* spp. de forma individual, en matraces de 50 ml con el medio de cultivo PDB enriquecido con L-Trp. El medio de crecimiento se mantuvo en agitación constante a 100 rpm a 23±2ºC durante 7 días. Después de centrifugar el sobrenadante fue dispensado en una placa de ELISA. Para su revelado se adicionó la solución de Salkowski, que detecta compuestos derivados del Indol (Gordon & Weber 1951). La placa de ELISA se llevó a oscuridad por 15 minutos, para su posterior revelado, donde se observó el viraje de color en los pocillos de amarillo a diversas tonalidades entre el rango de rosado a fucsia encendido, coloración que indica la presencia de AIA (Gordon & Weber 1951).

Enfrentamientos duales-PDA

Para seleccionar las mejores cepas de *Trichoderma* spp., productoras de MS de interés, se produjo el estrés biológico del hongo mediante enfrentamientos duales en placas Petri de 9 cm de diámetro con PDA, para las 35 cepas de *Trichoderma* spp., las cuales tuvieron 7 días de crecimiento (placa matriz). Estas fueron incubadas a 20±2ºC por 8 días. Durante este tiempo, se realizaron controles de velocidad de crecimiento, compatibilidad o incompatibilidad, según la presencia o ausencia de la formación de la "barrera de defensa" a medida que estas van creciendo. A mayor incompatibilidad, mayor será el ancho de la barrera de defensa y mayor la cantidad de MS sintetizados por el hongo. Para este ensayo se trabajó con 315 enfrentamientos: combinaciones duales de las 35 cepas de *Trichoderma* spp.; cada enfrentamiento contó con tres repeticiones.

Para el control de velocidad de crecimiento de los enfrentamientos duales, se tomó como variables (i) Crecimiento horizontal del hongo en la placa Petri (cm) y (ii) Crecimiento vertical del hongo en la placa Petri (cm), datos que fueron evaluados mediante un Análisis de *Cluster* con el programa estadístico PAST. Se observaron tres características de forma general al final de los 8 días de crecimiento: (i) Compatibilidad de ciertas cepas durante su crecimiento en la placa Petri, (ii) Crecimiento en la placa Petri de forma proporcional, y (iii) Crecimiento agresivo de una de las dos cepas enfrentadas, limitando el avance de su antagonista en la placa Petri. Al terminar el periodo de crecimiento del hongo, se tomó como parámetro de selección el ancho de barrera presentado en la placa Petri, las que variaron desde 0 hasta 0.7 cm.

Obtención de metabolitos secundarios

Se replicaron en medio de cultivo PDB los 20 enfrentamientos duales que presentaron formación de la "barrera de defensa gruesa" (0.5 - 0.7 cm) en el medio de cultivo PDA y así facilitar la separación de la sustancia de interés producida durante la interacción de ambas cepas del micelio formado. Por lo tanto, se realizar**ó**n nuevos cultivos duales con los enfrentamientos seleccionados según la metodología Reaves & Crawford (1994),

también descrita en Vinale *et al*. (2009), en matraces de 50 ml con PDB previamente autoclavados a 121°C durante 15 minutos. De igual forma se realiz**ó** el cultivo individual (discos de 5 mm de diámetro tomados de la plaza matriz) en PDB de las 12 cepas de *Trichoderma* spp. que forman parte de los enfrentamientos duales. Los matraces fueron llevados a agitación constante; 100 rpm durante 9 días a temperatura ambiente (25±2°C). Cada enfrentamiento contó con cinco repeticiones, de las cuales se tomó un matraz al azar para la medición del $pH_{inicial}$ (día uno), $pH_{intermedio}$ (a los cuatro días de crecimiento) y pH_{final} (a los nueve días de crecimiento). En cuanto a los cultivos individuales, estos contaron con una repetición y se tomó el pH final de cada uno.

Bioensayos en invernadero

Como modelo biológico se utilizó plantas de lechuga y rábano (*Lactuca sativa* y *Raphanus sativus*), por su rápido crecimiento, ciclo corto, las que representan al crecimiento de follaje abundante y formación de bulbo. Para los ensayos en invernadero se utilizó el diseño aleatorio por bloques, se dispuso el ensayo en 6 bloques para cada cultivo, con 35 tratamientos: 20 enfrentamientos duales, 12 cepas individuales, 1 testigo (T) caldo de cultivo PDB, 1 tratamiento biológico (BIO): TRICOBAL, y 1 tratamiento químico (QUI): INKAFERT AZUL (15-15-15), estos dos últimos fueron los tratamientos positivos. Ambos cultivos fueron sembrados en macetas de 2 kg con tierra estéril (Arena-Cascarilla de Arroz-Tierra vegetal en proporción 1:1:1). Una vez germinadas las semillas y cuando los plantines estaban de 5 cm, se inoculó en la rizósfera con 500 µl de caldo filtrado (MS) de los enfrentamientos duales de *Trichoderma* spp., 500 µl de caldo filtrado de las cepas individuales de *Trichoderma* spp., 0.5 gr de TRICOBAL y 0.44 gr de INKAFERT AZUL.

Se tomaron evaluaciones semanales de la altura de planta y número de hojas. Al cabo de un mes y medio de crecimiento controlado, se realizó la cosecha en el cultivo de *Lactuca sativa*: peso de hoja (gr), peso de raíz (gr), largo de raíz (cm), volumen de raíz (ml) y cultivo de *Raphanus sativus*: peso de hoja (gr), diámetro del bulbo (cm), peso del bulbo (gr), largo del bulbo (cm), volumen del bulbo (ml), largo de raíz (cm), peso de raíz (gr). Los datos fueron sometidos a un Análisis de *Cluster* mediante el programa PAST y el análisis de varianza (ANOVA) bajo la distribución normal con el SAS-9.2.

Resultados y discusiones

Prueba preliminar de detección de AIA

De las 35 cepas de *Trichoderma* spp. analizadas, de forma individual en la prueba de AIA, las cepas 1, 6, 7, 8, 10, 15, 18, 23, 24, 25, 28, 29, 31, 32 marcaron positivo a la presencia de AIA.

Enfrentamientos duales-PDA

Dentro de los controles de crecimiento realizados para las cepas de *Trichoderma* spp., se pudo distinguir un claro efecto antagónico en PDA además de la formación de la ba-

rrera de defensa entre las cepas incompatibles en un área determinada de crecimiento. De forma inicial una de las cepas enfrentadas es capaz de detener a su antagonista a distancia, posteriormente a la detención, se inicia la secreción de sustancias antifúngicas (enzimas y antibióticos) para competir eficazmente por espacio y nutrientes. Es así que se tomó como parámetro de selección la característica de crecimiento, formación y grosor de barrera. Considerando la clasificación de los 105 enfrentamientos, realizados en PDA, se tiene como resultado: 20 enfrentamientos con barrera gruesa (Cuadro 1) seleccionados para la producción de MS en PDB, además de ser este el grupo que mostró la menor velocidad de crecimiento al momento de competir frente a otro hongo del mismo género en un área determinada, según el análisis de *Cluster*.

Cuadro 1.
Clasificación de los enfrentamientos duales de Trichoderma spp. según la velocidad de crecimiento: análisis de Cluster.

Grupo según *Cluster*	Velocidad de crecimiento	Enfrentamientos duales*
Grupo 1	Mayor velocidad de crecimiento	Compatibles: 47 enfrentamientos
Grupo 2	Grupo 2 < Grupo 1	Barrera fina: 27 enfrentamientos
Grupo 3	Grupo 3 < Grupo 2	Barrera delgada: 11 enfrentamientos
Grupo 4	Menor velocidad de crecimiento	Barrera gruesa: 20 enfrentamientos

*Clasificación de los enfrentamientos duales de *Trichoderma* spp. según la presencia de barrera.

Dentro de los 20 enfrentamientos duales las cepas de *Trichoderma* spp. individuales 1, 6, 7, 15, 18, 23, 24, 25, 28, 29, 31, 32 identificadas como productoras de AIA mediante la inducción del L-Trp, formaron la barrera de defensa gruesa al ser enfrentadas entre las cepas del mismo grupo en PDA. Las cepas individuales 8 y 10 no presentaron el mismo resultado, ya que al ser enfrentadas con otra cepa de *Trichoderma* spp. del mismo grupo, la barrera de defensa formada en la placa Petri con el medio de cultivo PDA fue delgada en un 56% de los enfrentamientos y fina en un 36%.

Producción de MS

En la evaluación del pH final de los enfrentamientos duales y las cepas individuales de *Trichoderma* spp. en PDB, se encontró según el análisis estadístico ANOVA que no existen diferencias significativas ($P<0,01$) entre ambos tratamientos. En general, el pH final de los cultivos de cepas individuales de *Trichoderma* spp. al final del ensayo presentó variaciones entre 4.28 y 8.38, y solamente una cepa presentó pH neutro. Asimismo el pH final de los enfrentamientos duales no sobrepasa el valor de 7.17.

Bioensayos en invernadero

Lactuca sativa: Se muestra que los enfrentamientos duales y los cultivos individuales, pueden ser agrupados en 8 (Cuadro 2) según la eficiencia de acción como Hongos Promotores de Crecimiento (PGPF). Por lo tanto, de acuerdo al análisis de las medias generales para las variables de respuesta evaluadas al final de la cosecha, los mejores

tratamientos pertenecen al "Grupo 5" con los tratamientos: 3, 4, 7 (enfrentamientos) el (cultivo individual). Por lo que estos tratamientos podrían utilizarse como promotores de crecimiento en el cultivo de *Lactuca sativa* (Figura 1).

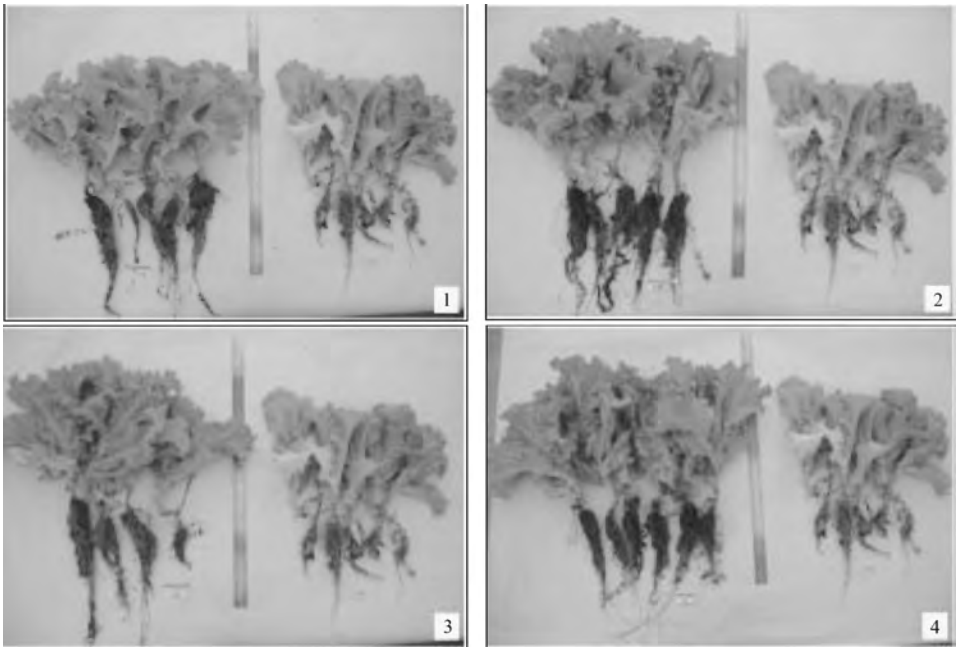


Figura 1.
Lactuca sativa-PGPF "Grupo 5". 1: Enfrentamiento 3 comparado con el Testigo T, 2: Enfrentamiento 4 comparado con el Testigo T; 3: Enfrentamiento 7 comparado con el Testigo T; 4: Cultivo individual I comparado con el Testigo T.

Cuadro 2.
Medias generales para las variables de crecimiento y rendimiento de Lactuca sativa según el análisis de Cluster.

Grupo según Cluster	Tratamientos	Peso de hoja (gr)	Peso de raíz (gr)	Largo de raíz (cm)	Volumen de raíz (ml)
1	12-A-B-13-C	1,696	0,673	7,129	1,006
2	20	7,315	1,568	16,656	1,566
3	6-17-9-18-10-8-2-QUI	63,730	3,026	27,750	3,069
4	16-K-1-19-F-H-BIO-J	52,359	2,887	29,004	3,132
5*	4-7-3-I	67,582	3,802	39,979	3,813
6	5	42,134	2,795	20,659	2,555
7	11-14-L-T-15-G	32,511	2,524	27,379	2,556
8	E	20,280	1,177	15,069	1,304

*Grupo 5: Mejores PGPF

Por otra parte en análisis de varianza muestra que se encontraron diferencias significativas (Pr<0.01) para las variables de respuesta Peso de hoja, Peso de raíz, Largo de raíz y Volumen de raíz para el cultivo de *Lactuca sativa* (Cuadro 3) Por lo que el efecto de los cultivos individuales y enfrentamientos duales entre los tratamientos varió según los caracteres de la planta.

Cuadro 3.
Análisis de varianza para cuatro variables en Lactuca sativa.

Fuentes de variación	GL	Peso de hoja	Peso raíz	Largo raíz	Volumen de raíz
Bloques	5	0	0.015	7.126	0.031
Tratamientos	33	1701.809**	2.964**	290.601**	2.546**
Residuales	124	267.160	1.144	104.910	1.023

**: *Pr* < 0,01.

Raphanus sativus: Se muestra que los enfrentamientos duales y los cultivos individuales, pueden ser agrupados en 9 (Cuadro 4). De los cuales el mejor grupo como PGPF, de acuerdo al análisis de medias generales para las variables de respuesta evaluadas al final de la cosecha, es el "Grupo 6" (Figura 2) con los tratamientos 10 (enfrentamiento) y K (cultivo individual).

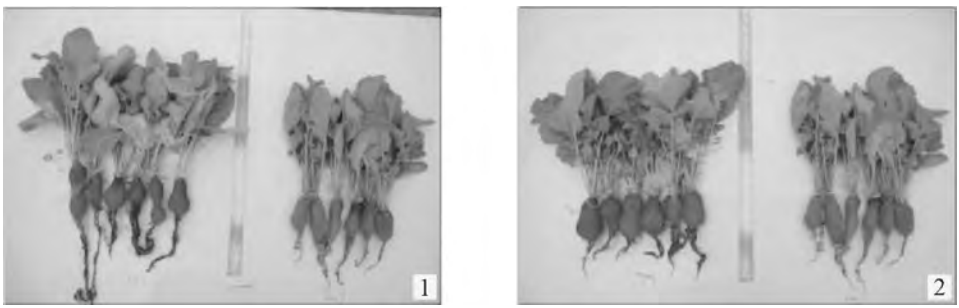


Figura 2.
Raphanus sativus-PGPF "Grupo 6". 1: Enfrentamiento 10 comparado con el Testigo T; 2: Cultivo individual K comparado con el Testigo T.

Cuadro 4.
Medias generales para las variables de crecimiento y rendimiento de** Raphanus sativus **según el análisis de Cluster.

Grupo según *Cluster*	Tratamientos	Peso de hoja (gr)	Diámetro de bulbo (cm)	Peso de bulbo (gr)	Largo de raíz (cm)	Peso de raíz (gr)
1	A	4,862	3,183	28,242	28,333	0,723
2	G-QUI	5,656	3,175	35,648	30,833	0,737
3	L	3,566	2,197	14,040	15,833	0,695
4	5-8-6-H-11-7-2-16	5,380	3,992	58,360	58,271	0,981

5	9-BIO-E	5,277	3,806	52,879	52,778	0,884
6*	10-K	5,555	4,142	66,447	69,583	1,344
7	4-12-I-13-F-T-17-19-14-15-18-B-D-1	5,229	3,575	46,237	46,012	1,063
8	20-J-C	4,923	3,372	41,518	38,889	0,916
9	3	5,508	4,083	53,593	41,250	1,657

*Grupo 6: Mejores PGPF.

El análisis de varianza muestra diferencias significativas (Pr<0.01) para las variables de respuesta Peso de hoja, Diámetro de bulbo, Peso de bulbo, Largo de bulbo, Volumen de bulbo y Largo de raíz para el cultivo de *Raphanus sativus*, y no así para la variable Peso de raíz (Cuadro 5).

Cuadro 5.
Análisis de varianza para siete variables en Raphanus sativus.

Fuentes de Variación	GL	Peso de hojas	Diámetro bulbo	Peso bulbo	Largo bulbo	Volumen bulbo	Largo raíz	Peso raíz ^{ns}
Bloque	5	0.007	0.090	19.593	0.179	22.163	0.044	0
Tratamiento	34	14.865**	1.363**	676.448**	5.823**	767.610**	1.141**	0.653**
Residuales	170	0.437	0.556	287.850	2.520	255.020	0.713	0.487

**: *Pr* < 0,01; ns: no significativo.

Conclusiónes

- Los mejores tratamientos para el ensayo de lechuga son los enfrentamientos 3 (BP-T0001—BPT0029), 4 (BP-T0006—BPT0028), 7 (BP-T0007—BPT0024) y el cultivo individual I (BP-T0028) como las mejores cepas inductoras de crecimiento, largo de hojas, el peso de hoja y volumen de raíz. Para el ensayo de rábano los mejores tratamientos fueron el enfrentamiento 10 (BP-T0015—BPT0025) y el cultivo individual K (BP-T0031) como inductores del largo de raíz, diámetro y peso de bulbo.
- Estos hechos demuestran que las cepas nativas de *Trichoderma* sp. generan metabolitos secundarios que tienen un efecto significativamente superior al testigo sin aplicación, al fertilizante sintético y biofertilizante comercial, como promotor de crecimiento. Lo cual se constituye en una biotecnología aplicada que será evaluada en la producción de quinua orgánica a nivel de campo.

Agradecimientos. Lo autores agradecen el financiamiento de FONTAGRO y el Proyecto IP-Holanda.

Referencias citadas

Achá C. 2008. Aislamiento y multiplicación de cepas naticas de *Trichoderma* sp. y su evaluación como biocontrolador de *Fusarium* sp. y *Rhizoctonia solani* en plantas de tomate. Tesis de Licenciatura en Ingenieria Ambiental. 1-94pp.

Bjorkman, T., Blanchard, L. M. & Harman, G. E. 1998. Growth enhancement of *shrunfen-2 (sh2)* Sweet Corn by *Trichoderma harzianum* 1295-22: Effect of Environmental Stress. J. Amer. Soc. Hort. Sci.; 123(1): 35-40.

Druzhinina, I. & Kubicek, C. P. 2005. Species concepts and biodiversity in Trichoderma and Hypocrea: from aggregate species to species *Cluster*s?. J. Zhejiang, Univ Sci B; 6(2): 100-12.

Druzhinina, I. S., Seidl-Seiboth, V., Herrera-Estrella, A., Horwitz, B. A., Kenerley, C. M., Monte, E., Mukherjee, P. K., Zeilinger, S., Grigoriev, I. V. & Kubicek, C. P. 2011. *Trichoderma*: the genomics of opportunistic success. Nature Reviews Microbiol; 9(10): 749–759.

Harman, G. E. 2000. Myths and dogmas of biocontrol: changes in perceptions derived from research on *Trichoderma* harzianum T-22. Plant Dis; 84: 377–393.

Harman, G. E. Howell, C. R., Viterbo, A., Chet, I, & Lorito, M. 2004. *Trichoderma* species – opportunistic, avirulent plant symbionts. Nat Rev Microbiol; 2: 43–56.

Gravel, V., H. Antoun & Prevost & R. J. Tweddell. 2007. Growth stimulation and fruit yield improvement of greenhouse tomato plants by inoculation with *Pseudomonas putida* or *Trichoderma atroviride*: Possible role of indole acetic acid (IAA). Soil Biology & Biochemistry; 39: 1968–1977.

Gordon, S. A. & Weber, R. P. 1951. COLORIMETRIC ESTIMATION OF INDOLEACETIC ACID. Plant Physiol.; 26(1): 192–195.

Kleifield, O & Chet, I. 1992. *Trichoderma harzianum* – interaction with living plants and effect on growth response. Plant and Soil; 144: 267-272.

Kubicek, C. & Harman, G. 2002. *Trichoderma* & Gliocladium. Basic biology, taxonomy and genetics. Copyright Taylor & Francis Ltd.; 1: 1-271.

Ortuño N., Navia O., Medrano A., Rojas K. y L. Torrico. 2010. Desarrollo de bioinsumos: Un aporte a la soberanía alimentaria de Bolivia. Revista de Agricultura. 62 (47):30-38pp.

Claros, M. y N. Ortuño. 2010. Obtención de metabolitos secundarios de Trichoderma para promover el crecimiento de plantas. Informes Anuales Promoción e Investigación de Productos Andinos (PROINPA). Cochabamba, Bolivia. P irr.

Reaves, J. L. & Crawford, R. H. 1994. *In vitro* colony interactions among species of *Trichoderma* with inference toward biological control. United States Department of Agriculture, Forest Service (Pacific Northwest Research Station); 8.

Vinale, F. Marra, R., Scala, F., Ghisalberti, E. L., Lorito, M. & Sivasithamparam, K. 2006. Major secondary metabolites produced by two commercial *Trichoderma* strains active against different phytopathogens. Lett Appl Microbiol; 43: 143–148.

Vinale, F., Sivasithamparamb, K., Ghisalbertic, E., Marraa, R., Wooa, S. & Lorito, M. 2008. *Trichoderma*-plant-pathogen interactions. Soil Biol Biochem; 40: 1–10.

Vinale F., Sivasithamparamb K., Ghisalbertic E., Marraa Barbetti M. J., Li H., R., Wooa S. & M. Lorito. 2008. A novel role for *Trichoderma* secondary metabolites in the interactions with plants. Physiological and Molecular Plant Pathology. 2008;72:80–86pp.

Vinale F., Ghisalberti E. L., Sivasithamparam K., Marra R., Ritieni A., Ferracane R., Woo S. & M. Lorito. 2009. Factors affecting the production of *Trichoderma harzianum* secondary metabolites during the interaction with different plant pathogens. Letters in Applied Microbiology. ISSN: 0266-8254.48:705–711pp.

Yedidia, I., Benhamouand, I. N. & Chet, I. 1999. Induction of defense responses in cucumber plants (*Cucumis sativa* L.) by the biocontrol agent *Trichoderma harzianum*. Appl. Environ. Microbiol; 65: 1061-1070.

Control biológico del mildiu de la quinua utilizando diferentes aislamientos de *Trichoderma* sp.

Giovanna Plata; Juan José Calizaya.

Fundación PROINPA.

E-mail: g.plata@proinpa.org

Resumen

Con el propósito de desarrollar alternativas orgánicas para controlar el mildiu de la quinua, se planteo la evaluación de 30 aislamientos de ***Trichoderma*** sp. en invernadero, para lo cual se inocularon plántulas de quinua de dos ecotipos criollos de Tiraque (quinua roja y blanca) con soluciones líquidas sólo de mildiu y con una mezcla de mildiu más ***Trichoderma;*** después de la inoculación estas plantas permanecieron en una cámara húmeda para favorecer el avance de la enfermedad. A su vez se evaluaron las variables de respuesta: severidad y altura de planta. Realizadas las evaluaciones los aislamientos: SC-12t, h-15, parc-6SC, parc-6 y parc-14 además de inhibir el desarrollo de la enfermedad promovieron el desarrollo de las plantas. Sin embargo, los aislamientos CBBA-2, Ch-16B, Ch-9B y m-Ch13A son los que controlan la enfermedad en mayor proporción. El primer grupo tiene doble beneficio: inhibidor y promotor. De las dos formas de aplicación se concluye que es importante realizarlas preventivamente para evitar pérdidas considerables.

Palabras claves: Mildiu; inhibición; *Trichoderma*.

Introducción

La quinua *(Chenopodium quinoa)* es una Chenopodiacea que se cultiva en la región Andina de Sudamérica. Es un cultivo muy nutritivo y se cultiva bajo condiciones adversas de clima y de suelo. En estos últimos años, la producción de este grano ha adquirido mayor demanda por mercados internacionales (Norte América y Europa). Gracias a este incremento y por problemas del cambio climático (retraso de lluvias, concentración de períodos lluviosos alternados con períodos muy soleados), los productores buscan otros lugares de producción como los valles para sembrar y satisfacer estas demandas.

Al igual que otros cultivos la quinua es afectada por diversas plagas, entre las enfermedades se destaca el mildiu de la quinua cuyo agente causal es *Peronospora variabilis,* este problema es ocasional en la región tradicional de cultivo pero no así en la región de los Valles que es muy severa, ocasionando pérdidas hasta del 50%, si las plantas son afectadas antes de la formación de panoja.

Los productores desconocen el manejo de esta enfermedad, están más acostumbrados a combatir las plagas. Es imprescindible desarrollar herramientas de control del mildiu en el marco de una producción orgánica como lo demandan los mercados internacionales. Con este propósito el siguiente estudio se baso en el uso de microorganismo que se encuentran ampliamente distribuidos en la naturaleza y que además poseen diferentes mecanismos de acción, como el antagonismo, parasitismo, inducción, etc. que controlen a *Peronospora variablisis,* sin crear resistencia ni residuos no permitidos en la exportación.

Objetivo General

- Seleccionar los mejores aislamientos de *Trichoderma* sp. para el control biológico de mildiu de la quinua en invernadero.

Objetivos Específicos

- Seleccionar al menos dos aislamientos que impidan el avance de la enfermedad.
- Evaluar 30 aislamientos y seleccionar los que inducen la resistencia sistémica y/o promueven el crecimiento de las plantas de quinua.

Material y métodos

El ensayo se realizó en los invernaderos de la Fundación PROINPA ubicada en la zona de El Paso. Los materiales empleados fueron los siguientes:

- 30 aislamientos de *Trichoderma* sp.
- 2 variedades de quinua, procedentes de Tiraque: quinua blanca (susceptible) y quinua roja (resistente).
- Macetas con sustrato estéril para el desarrollo de las plantas.
- Papel facial, pinzas, bolsas negras y aspersores para la inoculación.

Los tratamientos resultaron de la combinación de dos variedades, 30 aislamientos de *Trichoderma* sp. y 2 tipos de inoculación.

Los tratamientos fueron evaluados bajo el diseño experimental de bloques completos al azar con 3 repeticiones. Donde la unidad experimental constituyó una maceta de 250 gr con 3 plantas.

Los 30 aislamientos de *Trichoderma* fueron multiplicados en bolsas de polietileno con sustrato de arroz estéril, incubados a temperatura ambiente en estantes hasta que todo el arroz se cubrierá de conidias.

Cada una de las variedades fueron sembradas en macetas, se sembraron 5 semillas por maceta; sin embargo, después de la emergencia se raleo, dejando las 3 mejores plantas. Cuando las plantas tenían una altura de 12 a 20 cm. se inoculó *P. variabilis* en una solución líquida. Dado que *P. variabilis* es un patógeno obligado, se colectó inóculo de plantas enfermas de campo. Estas hojas fueron lavadas con agua destilada, preparándose una solución líquida a una concentración de $1x10^5$ esporas/ml. Simultáneamente, se preparó suspensiones líquidas de cada uno de los aislamientos de *Trichoderma* a una concentración de $1x10^5$ conidias/ml.

De las seis macetas sembradas por aislamiento: 3 macetas fueron tratadas con *Trichoderma* y las otras 3 macetas se inocularon con mildiu + *Trichoderma*. Las plantas permanecieron en una cámara húmeda por el lapso de 20 días, tiempo en el cual se evaluaron las siguientes variables:

Severidad. La severidad de la enfermedad fue determinada con la metodología de Stover modificada por Gaughl et al. (1995) mediante la siguiente fórmula:

$$I = \frac{\sum nb}{(N-1)T} * 100$$

Donde: n=número de hojas en cada grado, b=grado(0=sin síntomas; 1=menos del 1% de la lámina con síntomas; 2=1-5% de la lámina con síntomas; 3= 6-15% de la lámina con síntomas; 4= 16-33% de la lámina con síntomas; 5= 34-50% de la lámina con síntomas; 6= 51-100% de la lámina con síntomas), N=número de grados empleados en la escala (7) y T=total de hojas evaluadas.

Altura de planta. Se midió el tamaño de planta desde el nivel del suelo hasta el ápice de la planta.

Análisis estadístico. La variable severidad se ajusta a una distribución binomial fue evaluado bajo la teoría de los modelos lineales generalizados, bajo el siguiente modelo estadístico con el PROC GENMOD del SAS (2001):

$$\eta_{ijkl} = \log\frac{\pi_{ijkl}}{1-\pi_{ijkl}} = \eta + \beta_i + \alpha_j + \delta_k + \gamma_{jk} + \rho_l + \phi_{jl} + \tau_{kl}$$

Donde:

$i = 1,2,3$ bloques.

$j = 1,2,3,\ldots,30$ cepas de Trichoderma sp.

$k = 1,2$ variedades de quinua.

$l = a,b$ inoculo de Trichoderma sp.

Donde:

η_{ijkl} = porcentaje de severidad observada en el i-esimo bloque donde se aplico el l-esimo tipo de inoculo de la j-esima cepa de Trichoderma en la k-esima variedad.

η = Media general de logit.

β_i = Efecto aleatorio del i-esimo bloque.

α_j = Efecto fijo de la j-esima cepa

δ_k = Efecto fijo de la k-esima variedad.

γ_{jk} = Efecto fijo de la interacción de la j-esima cepa y la k-esima variedad de quinua.

ρ_l = Efecto fijo del l-esimo tipo de inoculo.

ϕ_{jl} = Efecto jijo de la interacción entre la j-esima cepa y el l-esimo tipo de inoculo.

τ_{kl} = Efecto fijo de la interacción entre la k-esima variedad y el l-esimo inoculo.

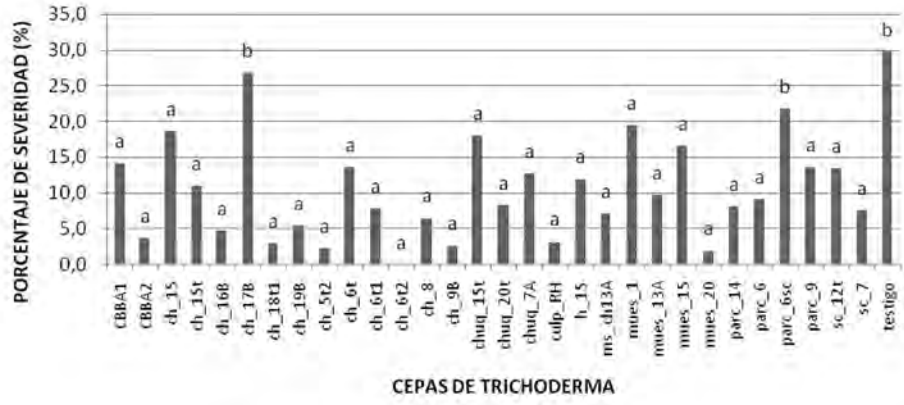
Resultados y discusión

El análisis de varianza muestra que hubo variación entre bloques (X^2=11,82) para la variable porcentaje de severidad (Cuadro 1). Por lo que el diseño experimental fue apropiado. Así mismo, el análisis de varianza muestra que no se observó diferencias para el porcentaje de severidad entre las variedades (Pr=0,9940) (Cuadro 1). Lo cual indica que las dos variedades fueron afectadas por la enfermedad con similar intensidad esto debido a las condiciones favorables en la cámara humeda.

Cuadro 1.
Análisis de varianza para la variable porcentaje de severidad.

Fuente de variación	Grados de libertad	X^2	Pr > X^2
Bloque	2	11,82	0,0027
Variedad	1	0	0,9940
Aislamiento	30	1036,68	<0,0001
Variedad*aislamiento	30	663,51	<0,0001
Inóculo	1	128,09	<0,0001
Variedad*Inóculo	1	79,87	<0,0001
Aislamiento*Inóculo	30	425,9	<0,0001

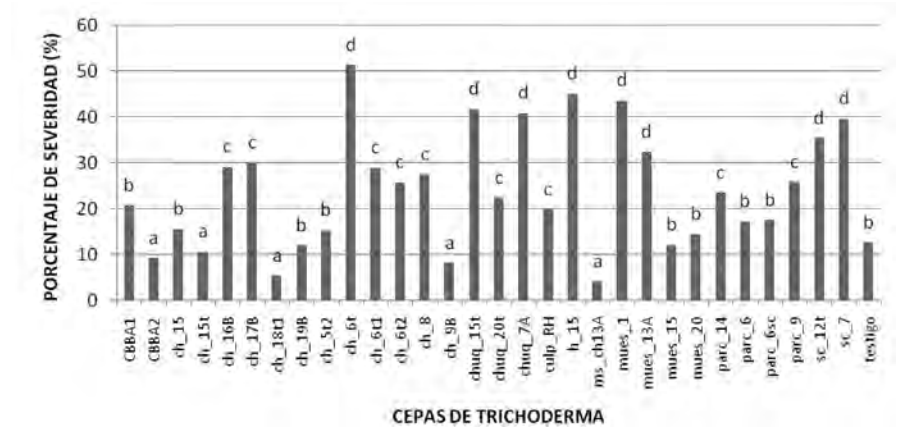
Por otra parte, se estimaron diferencias significativas entre los diferentes aislamientos de *Trichoderma*, la misma que fue diferente entre las dos variedades de quinua (Cuadro 1). Así en la variedad roja, la mayoría de los aislamientos mostraron un efecto positivo sobre la severidad de la enfermedad a excepción de Ch-17B y parc-6SC que fueron similares al testigo (Figura 1). Lo cual muestra que existen diferentes especies de *Trichoderma* que pueden ser efectivas para el control de esta enfermedad.



*Letras diferentes son estadísticamente diferentes al 99% de probabilidad.

Figura 1.
Efecto de 30 aislamientos de Trichoderma sp. sobre el porcentaje de severidad del mildiu de la quinua en la variedad roja.

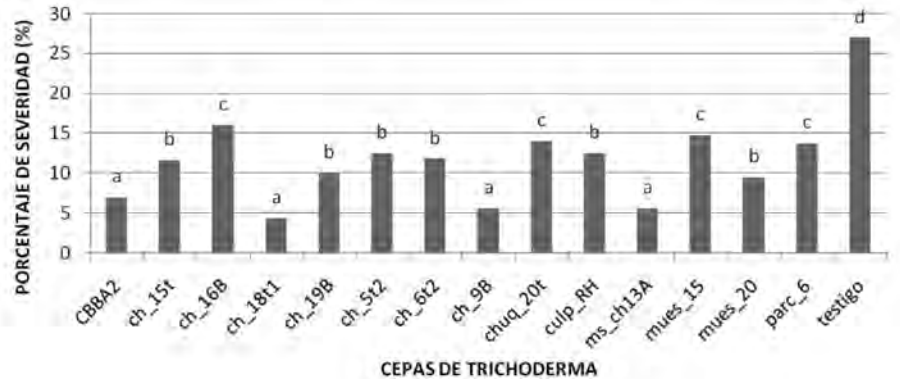
Sin embargo, en la variedad blanca, se observó mayor variabilidad en el control de la enfermedad por los aislamientos de *Trichoderma* en comparación a la variedad roja. Donde las cepas CBBA2, Ch-15t, Ch-18t1, Ch-9B y ms-Ch13A permitieron un menor desarrollo de la enfermedad en comparación a los otros aislamientos y el testigo (Figura 2). Lo cual nuevamente muestra que existen aislamientos de *Trichoderma* que controlan la enfermedad, además que existen aislamientos que interactúan mejor con una variedad que con la otra.



*Letras diferentes son estadísticamente diferentes al 99% de probabilidad.

Figura 2.
Efecto de los diferentes aislamientos de Trichoderma sp.sobre el porcentaje de severidad del mildiu de la quinua en la variedad blanca.

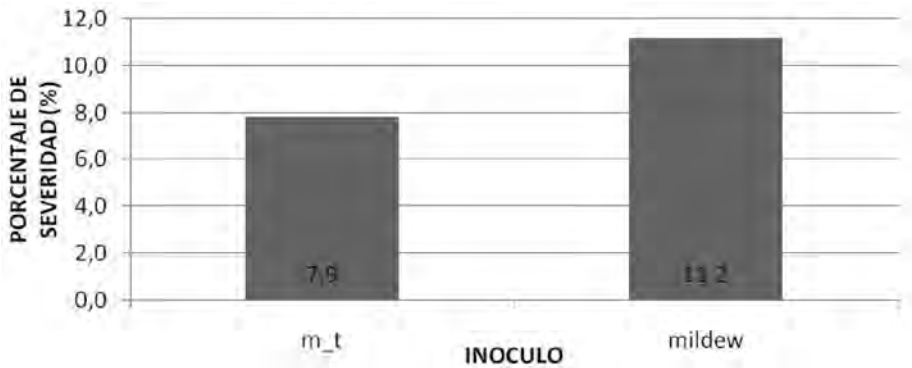
En la Figura 3, sólo se consideraron los mejores aislados, es así que CBB-2, Ch-18t1, Ch-9B y ms-Ch13A inhiben el desarrollo del mildiu de la quinua en gran porcentaje en comparación a los otros aislados y el testigo en particular. Estos aislamientos son prometedores para el control del mildiu de la quinua, será necesario confirmar estos resultados en condiciones de campo.



*Letras diferentes son estadísticamente diferentes al 99% de probabilidad.

Figura 3.
Efecto de los aislamientos seleccionadas de Trichoderma sp. sobre el porcentaje de severidad del mildiu de la quinua.

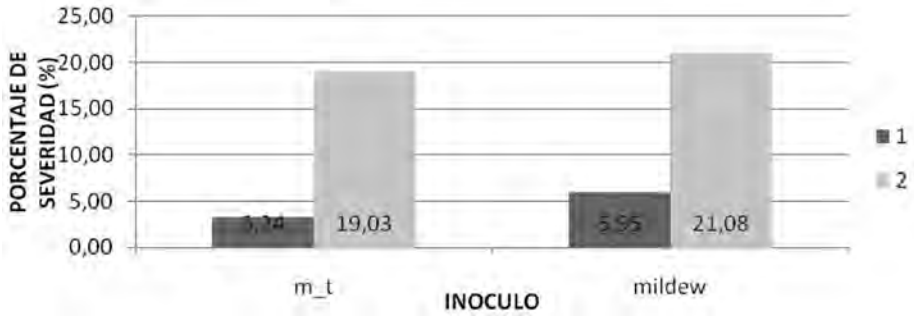
Asimismo, se observó diferencias entre los tipos de inoculación (Cuadro 1). Cuando se aplicó mildiu combinado con *Trichoderma sp.*, se observó un menor porcentaje de severidad en relación a las plantas que fueron inoculadas solo con mildiu (Figura 4). Esto sugiere que se debería realizar aplicaciones preventivas de *Trichoderma* para evitar el ingreso o reducir el avance de la enfermedad.



*Donde: m_t=Mildiu+*Trichoderma* sp.

Figura 4.
***Porcentaje de severidad con dos tipos de inoculación*.**

El efecto de los tipos de inoculación fue diferente entre las dos variedades (Cuadro 1). Donde la variedad roja (1) presentó menor porcentaje de severidad en comparación a la variedad blanca (2). Sin embargo, en ambas variedades las plantas que fueron inoculados con la mezcla (mildiu+*Trichoderma*) presentaron menor porcentaje de severidad en comparación a las plantas que se inocularon sólo con mildiu (Figura 5).



***Donde:** m_t= Mildiu+*Trichoderma* sp.

Figura 5.

***Porcentaje de severidad en dos variedades de quinua (blanca y roja) con dos tipos de inóculo*.**

Por otra parte, a través del análisis de clúster los 30 aislamientos de *Trichoderma* sp. pueden agruparse en 3 grupos principales en cuanto a sus efectos comunes de severidad y altura de planta (Figura 6).

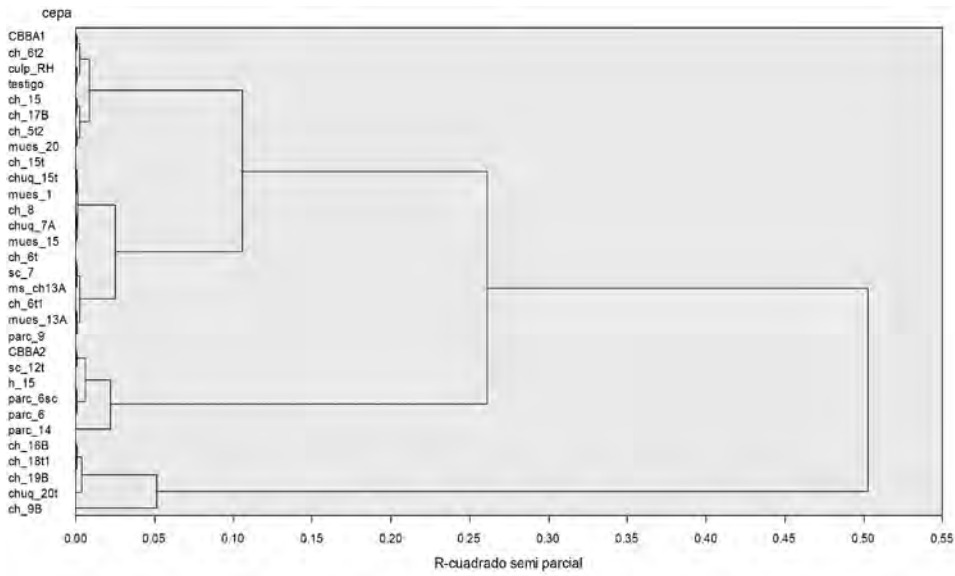


Figura 6.

***Agrupamiento de 30 aislamientos de Trichoderma sp. por características comunes*.**

El grupo 1 conformado por la mayoría de los aislamientos, se caracteriza por inhibir el desarrollo de la enfermedad en menor proporción, las plantas fueron de tamaño intermedio. El grupo 2 conformado por los aislamientos: CBBA2, SC-12t, H-15, parc-6SC, parc-6 y parc-14 que se caracterizan por reducir la severidad de la enfermedad, permitiendo de esta manera un mayor desarrollo, plantas altas. El grupo 3 integrado por: CH-16B, CH-18t1, CH-19B, Chuq-20t y Ch-9B. Este grupo se caracteriza por inhibir el desarrollo de la enfermedad en mayor proporción, aunque el tamaño de la planta es mucho más pequeñas (Cuadro 2).

Cuadro 2.
Características de los aislamientos de Trichoderma sp. en cada grupo, de acuerdo al análisis de clúster.

Clúster	Severidad (%)	Altura de planta (cm)
1	11,12	26,72
2	10,44	29,07
3	4,83	22,22

Conclusiones

En función al objetivo planteado y los resultados obtenidos se concluye:

- De los 30 aislamientos de *Trichoderma* sp. evaluados para mildiu, se han encontrado a tres aislamientos que inhiben el avance de la enfermedad y otros seis, además de controlar la enfermedad, también promueven el desarrollo de las plantas.
- Los aislamientos Ch-16B, Ch-9B y m-Ch13A sólo inhiben el avance del mildiu, con un buen nivel de control.
- Los aislamientos: CBBA-2, SC-12t, h-15, parc-6SC, parc-6 y parc-14 además de inhibir el desarrollo del mildiu también son inductores de crecimiento de las plantas.
- Para reducir la severidad de la enfermedad se deben realizar aplicaciones preventivas para suprimir el inóculo inicial.

Agradecimientos. Trabajo realizado en el marco del proyecto SANREM-CRSP administrado por Virginia Tech.

Referencias citadas

Blackman. J.P. & Fokkema, N.J. 1982. *Annu. Rev. Phytopath.*. 20: 167-192.

Deore, P.B., D.M. Sawant & .M. Ilhe. 2004. Comparative efficacy of Trichoderma spp. for the control of powdery mildiu of cluster bean. *Indian J. Agric. Res.,* 38 (3): 212 - 216, 2004.

Dennis, C. and Webster, J. 1971a. Antagonistic properties of species – groups of *Trichoderma*. I. Production of non-volatile antibiotics. *Transactions of the British Mycological Society*, **57**(1): 25 – 39.

Galwey, N.W. 1989. Quinoa. Biologist 36:267–274.

Jensen, C.R., S.-E. Jacobsen, M.N. Andersen, N. Nunez, S.D. Andersen, L. Rasmussen, and V.O. Mogensen. 2000. Leaf gas exchange and water relation characteristics of field quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) during soil drying. European Journal of Agronomy 13:11–25.

SAS INSTITUTE. 2001. The SAS System for Windows. Version 9. SAS Inst., Cary, NC.

Sokita, S., Yoshihira, K., Naton, S., Udagawa, S., Muroi, T., Sugiyama, Y., Kurata, H. and Umeda, M. 1981. Mycotoxin production by *Chaetomium* spp. and r elated fungi. *Canadian Journal of Microbiology*, **27**(8) : 766 – 772.

Aislamiento y caracterización funcional de bacterias endofitas en el cultivo de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.)

Mayra Claros; Noel Ortuño.

Fundación PROINPA.

E-mail: m.claros@proinpa.org

Resumen

Por la necesidad de tener una alternativa económica ecológicamente limpia, el presente trabajo se enfocó a aislar bacterias endófitas del cultivo de la quinua (***Chenopodium quinoa*** Willd) de tres colectas del Altiplano Sur de Bolivia correspondiendo a las comunidades de Quillacas, Challapata, Salinas de García Mendoza y Santiago de Huari del Departamento de Oruro. Las mismas se las caracterizó funcionalmente en el laboratorio de Microbiología Agrícola para la solubilización de fosfatos, producción de ácido indol acético y fijación de nitrógeno. Se obtuvieron un total ciento sesenta y cuatro aislados bacterianos de los cuales setenta y dos son solubilizadores de fosfato, cincuenta y nueve producen el Ácido Indol Acético (AIA) y treinta y un fijan nitrógeno. Por lo cual se cuenta con aislados bacterianos endófitos promisorios de quinua para su uso como promotores de crecimiento.

Palabras claves: Bacterias endófitas; ácido indol acético; nitrógeno; fosfato; Quinua.

Introducción

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) ha sido descrita por primera vez en sus aspectos botánicos por Willdenow en 1778, como una especie nativa de Sudamérica, cuyo centro de origen, según Buskasov se encuentra en los Andes de Bolivia y Perú (Cárdenas, 1944).

Bolivia es el primer exportador de quinua a nivel mundial seguido por Perú y Ecuador. Para el año 2009 Bolivia exportó un valor que supera los US$ 43 millones (Instituto Boliviano de Comercio Exterior - IBCE, 2010). Los consumidores de Norte América y Europa presentan una tendencia de mayor interés hacia el cuidado de la salud, el ambiente y

la equidad social. En este sentido los nichos del mercado orgánico y del comercio justo ofrecen interesantes alternativas y mejores precios al productor, por lo que el precio de la quinua orgánica en el 2010 fue de US$ 3,1/kg, muy por encima de la soya (US$ 0,4/kg) y del trigo (IBCE, 2010).

La quinua cultivo de invalorable valor nutricional se encuentra en el altiplano Sur de Bolivia el lugar adecuado para su desarrollo. Así la provincia Ladislao Cabrera del Departamento de Oruro y la Provincia Daniel Campos del Departamento Potosí, son lugares privilegiados en los cuales el cultivo de quinua de la raza Real puede obtener sus mayores rendimientos. Salinas de García Mendoza, es el Municipio donde existe una significativa producción de quinua en el Altiplano Sur del Departamento de Oruro.

Las bacterias endofíticas forman parte de la gran cantidad de bacterias benéficas presentes en la rizósfera, que favorecen el crecimiento y desarrollo de las plantas y las protegen contra otros organismos del suelo que causan enfermedades (Weller 1988, Hallmann *et al.* 1997).

Ecológicamente, a esta relación benéfica entre las bacterias y las plantas se le denomina "mutualismo", el cual se define como la condición en la que dos seres vivos de diversas especies viven juntos habitualmente, aunque no necesariamente, con beneficio recíproco para el hospedero y para el simbionte. La mayoría de estas asociaciones ocurre a nivel de la rizósfera; que es toda aquella porción de suelo que está fuertemente influenciada por las raíces de las plantas. La aplicación de este tipo de rizobacterias en diversos cultivos ha dado como resultado la promoción evidente del crecimiento de las plantas, observándose un incremento en la emergencia, vigor, producción de biomasa y desarrollo del sistema radical (kloepper *et al*. 1999).

La promoción de crecimiento en las plantas inoculadas con rizobacterias ocurre por varios factores; uno de ellos es la síntesis de ciertas sustancias reguladoras de crecimiento, como giberelinas, citocininas y auxinas, las cuales estimulan la densidad y longitud de los pelos radicales, aumentando así la cantidad de raíces en las plantas. Esto favorece la capacidad de absorción de agua y nutrimentos, permitiendo que las plantas sean más vigorosas, productivas y tolerantes a condiciones climáticas adversas (Lugtenberg y Dekkers 1999, Hernández y Escalona 2003, Vessey 2003, Berg y Hallmann 2006). Los mecanismos involucrados en este proceso incluyen la fijación de nitrógeno, solubilización del fósforo y la producción de fitohormonas (Kloepper *et al*. 1991).).

Por las características mencionadas anteriormente de las bacterias endófitas y por la necesidad de tener una alternativa económica ecológicamente limpia, el presente trabajo se enfocó a aislar bacterias endófitas del cultivo de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), para su posterior uso como promotoras de crecimiento. Las mismas se las caracterizó funcionalmente en el laboratorio de Microbiología Agrícola para la solubilización de fosfatos, producción de ácido indol acético y fijación de nitrógeno.

Materiales y métodos

El presente trabajo se realizó en el Laboratorio e Invernadero de Microbiología Agrícola de la Fundación PROINPA a 15 km. de la ciudad de Cochabamba, Provincia Quillacollo del Departamento de Cochabamba. La Zona El Paso presenta un clima templado seco, una temperatura media anual de 16.2°C y una precipitación Media Anual de 480 a 600 mm con distribución irregular. Sus coordenadas geográficas son 17°18' de Latitud Sur y 66°14' de Longitud oeste a una Altitud de 2540 m.s.n.m. aproximadamente (PROINPA, 2011).

Material Biológico. Se trabajaron con muestras de plantas de quinua Real de tres colectas. La primera colecta corresponde a las comunidades de Quillacas y Challapata de la Provincia Abaroa del Departamento de Oruro.

En cuanto a las colectas dos y tres corresponden a las comunidades de Salinas de García Mendoza de la Provincia Cabrera y Santiago de Huari de la Provincia Sebastian Pagador del departamento de Oruro. La colecta dos corresponde al inicio del cultivo Noviembre del 2009. La colecta tres corresponde a la mitad del desarrollo del cultivo Enero del 2010.

Material de laboratorio. Agitador orbital, Centrifuga, Autoclave, Cámara de flujo laminar, Mechero de alcohol, Dispensador de medios, Estufa de secado, Horno microondas, Incubadora de bacterias, Balanza, Vortex, Probetas graduadas, Frascos Schott graduados, micropipetas, tubos de eppendorf, Medios de cultivo TSA, TSB, Burk, NBRIP, Placas Petri, Tubos de ensayo, Gradillas, Asas metálicas, Mechero, Agua destilada, Solución de hipoclorito al 1.2%, Alcohol al 70%, Portaobjetos, Microscopio y Guardapolvo, placas Elisa, ácido sulfúrico, Cloruro férrico, frasco ámbar con tapa.

Metodología

Aislamiento de bacterias endófitas

Para el aislamiento de bacterias endófitas se utilizó el protocolo del manual de microbiología de Dion *et.al*. (2009).

Para lo cual se lavaron cuidadosamente las raíces, tallos y hojas frescas bajo el agua del grifo, para quitarles todas las impurezas. Si los fragmentos de las raíces eran muy grandes, fueron cortados en segmentos de 5–8 cm.

Para la esterilización superficial, el material fue sumergido durante por 1 min en una solución de etanol al 70%, en agitación. El etanol al 70% es eliminado y al material procesado se le agrega una solución de hipoclorito de Na al 1,2%, dejando en agitación por 15 min. Una vez que finalizó este tiempo, el material procesado fue lavado cuatro veces con solución salina NaCl 0.85%.

Posteriormente, el material procesado se colocó en un mortero estéril o en bolsas de alta densidad estériles y se maceraron, una vez macerado se agregó 1 ml de solución salina NaCl 0.85% y se recuperó todo el macerado en un eppendorf estéril.

Finalmente se realizaron diluciones seriadas de 10^{-1}–10^{-4}. Se utilizaron estas diluciones para cultivar las bacterias en medio TSA. Las cajas de Petri fueron incubadas a 28°C por aproximadamente 72 h. Una vez crecidas las colonias bacterianas se aislaron en tubos con TSA para posteriores pruebas y caracterización.

Detección de bacterias solubilizadoras de fosfato

La metodología de solubilizadores de fosfatos se tomó en base al protocolo utilizado por Nautiyal (1999), descrita en el manual de Protocolos de trabajo con bacterias PGPR (rizobacteria promotora del crecimiento vegetal) CIP, 2008. Con algunas modificaciones de acuerdo al material disponible en el laboratorio.

Se sembró la bacteria a probar en una placa que contenga el medio de cultivo National Botanical Research Institute's phosphate growth medium (NBRIP) con fosfato tricalcico. Se incubaron las placas por 5 - 15 días a 28ºC. El tiempo de incubación puede variar dependiendo del genero de bacteria con que se trabaje por esta razón se realizó un seguimiento diario de la prueba.

Se registraron como positivas aquellas cepas bacterianas que presentaron una halo trasparente alrededor de la colonia sembrada.

Detección de Ácido Indol Acético (AIA)

Se utilizó la metodología propuesta por Gordon S., 1950. Para esta prueba es muy importante considerar que el AIA es un metabolito secundario producido por algunas bacterias en el periodo estacionario de crecimiento por esta razón el tiempo de incubación del caldo dependió de la curva de crecimiento de la bacteria. Se tuvo que dejar el tiempo suficiente para asegurarse que lleguen a la fase estacionaria.

Para este propósito se reactivaron las cepas en estudio en TSB. Se sembró una colonia de cada cepa en un tubo con medio TSB, suplementado con 5mM de L-Triptófano. Se incubaron por 7 días a 28°C. Se reportaron como positivas las muestras que en revelado viraron a tonos rojizos.

Detección de bacterias fijadoras de nitrógeno de vida libre

La metodología de bacterias fijadoras de nitrógeno de vida libre se tomó en base al protocolo utilizado por Magallón P. y Dion P. (2009).

Se sembraron las cepas bacterianas en medio de cultivo Burk. Se incubaron las placas de 5 a 15 días a 28ºC. El tiempo de incubación puede variar dependiendo del genero de bacteria con que se trabaje por esta razón se realizó un seguimiento diario de la prueba.

Se registraron como positivas las cepas que crecieron en el medio de cultivo.

Resultados y discusión

Aislamiento de bacterias endófitas

De la primera colecta se obtuvieron cien aislados endófitos, de la segunda colecta treinta y siete aislados y del tercero veinte y siete (Figura 1). Coincidiendo a la afirmación de Magallón P. y Dion P. (2009), que los microorganismos endófitos, generalmente son definidos como aquellos que penetran intercelularmente o intracelularmente las raíces de la planta y se encuentran a lo largo de todo el desarrollo de la planta. De la definición de los microorganismos endófitos se excluyen aquellos que son patógenos.

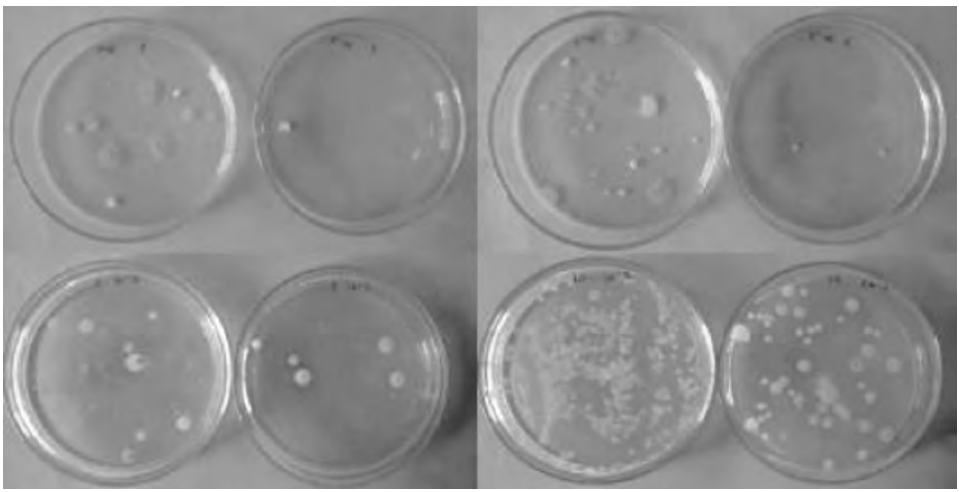


Figura 1.
Colonias bacterianas endófitas aisladas de plantas de quinua.

Se obtuvieron en total 164 aislados bacterianos endófitos que se conservan en el laboratorio de Microbiología Agrícola de la Fundación PROINPA.

Detección de bacterias solubilizadoras de fosfato

Los resultados obtenidos indican que del grupo de bacterias endófitas del primer muestreo, veintisiete son solubilizadoras de fosfato. El grupo del segundo muestreo solamente seis aislados solubilizan fosfato. Para el grupo del tercer muestreo treinta y nueve aislados fueron positivos a la prueba. Sumando un total de setenta y dos aislados solubilizadores de fosfato como se muestra en la Figura 2. Como menciona Kloepper *et al*. (1989), diversos estudios han mostrado que la solubilización del fosfato por microorganismos solubilizadores es una característica importante de diversas cepas PGPR.

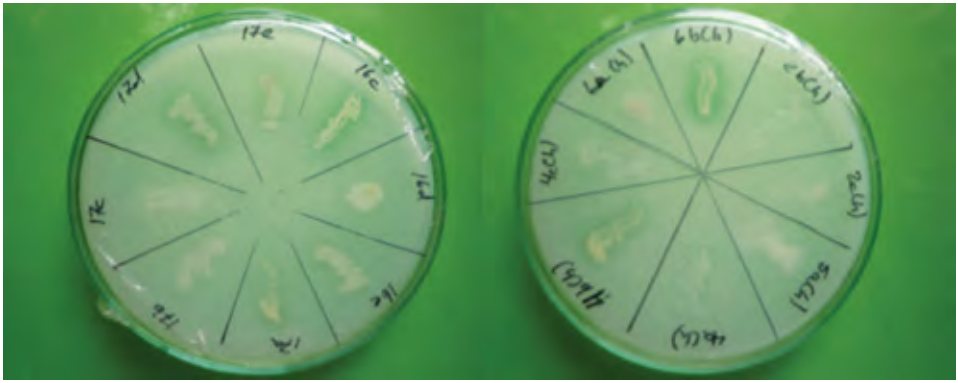


Figura 2.
Reacción de bacterias solubilización de fosfato en la evaluación in vitro.

La disponibilidad de fósforo en el suelo depende principalmente de la actividad microbiana. La solubilización de fosfato mineral y orgánico se produce por la capacidad que presentan las PGPR (rizobacteria promotora del crecimiento vegetal) de producir fosfatasas (mineralización) o por solubilización de fosfatos inorgánicos no disponibles con ácidos orgánicos (CIP, 2008).

Se considera, que la solubilización de distintas rocas fosfatadas y de otras fuentes de fósforo inorgánico por los microorganismos del suelo es una alternativa fundamental para incrementar la cantidad de nutrientes disponibles para las plantas (Illmer y Schinner, 1992).

Detección de Ácido Indol Acético (AIA)

Siendo esta una prueba cualitativa se encontraron nueve bacterias endófitas del primer muestreo que en su revelado dieron positivo es decir que producen la fitohormona de acido indol acético.

Para el grupo de bacterias endófitas del segundo muestreo procedentes del Altiplano Sud del inicio de la campaña 2010, solamente tres dieron positivo en su revelado.

El grupo correspondiente al muestreo tres de bacterias endófitas que corresponden a aislados obtenidos de muestras de quinua en el periodo de formación de fruto de la campaña 2010. Cuarenta y siete aislados dieron positivo en el revelado de la fitohormona de acido indol acético (Figura 3).

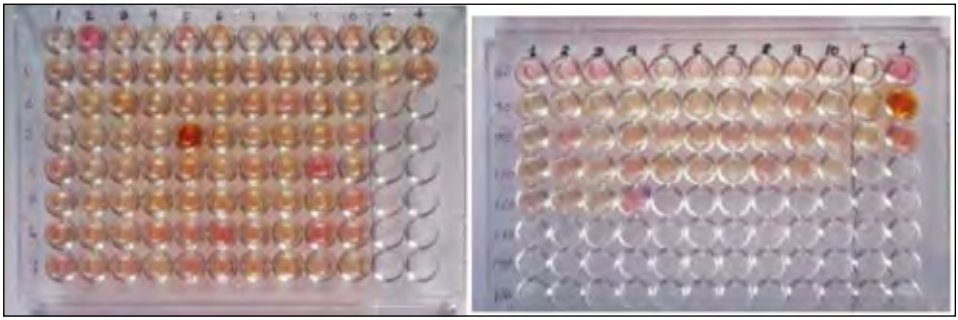


Figura 3.
Reacción de bacterias endofitas durante el revelado del AIA.

La reacción observada está corroborado por lo mencionado por CIP (2008), donde se indica que en general se ha comprobado, en muchas bacterias PGPR, promueven el crecimiento vegetal también producen acido indol acético, lo que muestra que el AIA es una característica importante para poder evaluar posibles bacterias PGPR.

Detección de bacterias fijadoras de nitrógeno de vida libre

En la prueba funcional de bacterias fijadoras de nitrógeno del grupo del primer muestreo solo cuatro aislados endófitos, las que son bacterias fijadoras de nitrógeno de vida libre. En el grupo del segundo muestreo se detectaron doce aislados positivos para la fijación de nitrógeno. Para el grupo del tercer muestreo fueron positivos quince aislados bacterianos endófitos (Figura 4).

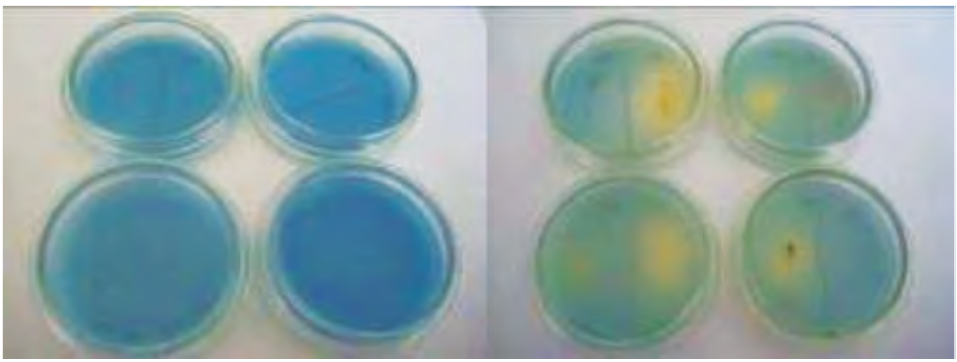


Figura 4.
Evaluación de la presencia de bacterias fijadoras de nitrógeno de vida libre.

Resultados que confirman Zinniel *et al.* (2002), con trabajos similares reportaron la presencia de 853 aislamientos endófitos de plantas de soya, sorgo, trigo y maíz y 27 a partir de especies silvestres; algunos de estos aislamientos mostraron a su vez habilidad para persistir en los tejidos una vez que fueron reinoculados y se mostraron promisorios como biocontroladores. Gutiérrez- Zamora y Martínez-Romero (2001) aislaron *R. etli* como endófito de granos de maíz. Otros géneros de similar importancia como bacterias endófitas son *Gluconoacetobacter* en caña de azúcar (Cavalcante y Döbereiner, 1988).

Conclusiones

Mediante el siguiente trabajo se han llegado a establecer las siguientes conclusiones:

- Se obtuvieron un total 164 aislados bacterianos endófitos de plantas de quinua de tres muestreos provenientes del Altiplano Sur de Bolivia, de los cuales se reportaron un total de setenta y dos aislados solubilizadores de fosfato, asimismo, cincuenta y nueve aislados bacterinanos dieron positivo para la prueba cualitativa de detección del Ácido Indol Acético (AIA), y finalmente, treinta y un aislados bacterianos resultaron fijadoras de nitrógeno.
- Posteriormente estos aislados serán evaluados en invernadero y posteriormente las mejores cepas se evaluarán en campo para posteriormente desarrollar técnicas de formulación para su evaluación participativa con agricultores.

Agradecimientos. Los autores agradecen al proyecto IP-Holanda.

Referencia citada

Bar-Yosef, B.; Rogers, R.; Wolfram, J. & E. Richman. 1999. *Pseudomonas cepacia* – mediated rock phosphate solubilization in kaolinite and montmorillonite suspensions. Soil Sci. Soc. Am. J. 63: 1703-1708.

Berg, G; J. Hallmann. 2006. Control of plant pathogenic fungi with bacteria endophytes. In Schulz, B; Boyle, C; Sieber, T. eds. Microbial root endophytes. Berlin-Heidelberg, DE, Springer-Verlag. p. 53-69. (Soil Biology Vol. 9).

Cavalcante V, J. Döbereiner. 1988. A new acid-tolerant nitrogen fixing bacterium associated with sugarcane. *Plant Soil 108*: 23-31.

Centro Internacional de la Papa (CIP), 2008.Protocolos de trabajo con bacterias PGPR.47-50p. Lima Perú.

Dion P., P. Magallón. 2009. Manual de microbiología agrícola "Importancia de los microorganismos promotores de crecimiento vegetal para los pequeños productores de Bolivia, Université Laval, Québec, Canada. 90: 31-32.

Gordon, S., R. Weber. 1950. Colorimetric estimation of indole acetic acid. Plant Physiol. 26: 192 -195.

Gutiérrez-Zamora M, E. Martínez-Romero. 2001. Natural endophytic association between *Rhizobium etli* and maize (*Zea maiz*). *J. Biotech. 91*: 117-126.

Hallmann, J; Quadt-Hallmann, A; Mahaffee, WF; J.W. Kloepper. 1997. Bacterial endophytes in agricultural crops. Canadian Journal of Microbiology 43:895-914.

Instituto Boliviano de Comercio Exterior. 2010. Perfil de Mercado de la Quinua Grano nativo de los Andes. Comercio Exterior 183:3 - 8.

Lapeyrie, F.; Ranger, J. & D. Vairelles. 1991. Phosphate-solubilizing activity of ectomycrrhizal fungi in vitro. Can. J. Bot. 69: 342-346.

Vessey, KJ. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. Plant Soil 255:571-586.

Zinniel D, Lambrecht P, Harris B, Feng Z, Kuczmarski D, Higley P, Ishimaru C, Arunakumari A, Barletta R, A. Vidaver. 2002. Isolation and characterization of endophytic colonizing bacteria from agronomic crops and prairie plants. *Appl. Env. Microbiol. 68*: 2198-2208.

La quinua orgánica: Estrategia de manejo integrado del cultivo

Oscar Navia; Antonio Gandarillas; Noel Ortuño; Vladimir Lino; Oscar ruña; Daniel Barja; Genaro Aroni; Raul Saravia; Alejandro Bonifacio; Wilfredo Rojas.

Fundación PROINPA.

E-mail: o.navia@proinpa.org

Introducción

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), es el cultivo de mayor crecimiento económico en los últimos 10 años. La superficie cultivada creció de manera lineal, de 38.000 ha en 1998 a más de 53.000 ha en 2010 (INE, IBCE, Infoquinua). La exportación de quinua orgánica es creciente, en 1998 representaba el 8% del total producido, en tanto que en el 2009 representa el 40%. La única variable que no ha mostrado cambios significativos es el rendimiento por hectárea, de 0,5 ton/ha, reflejando que no se cuentan con innovaciones tecnológicas al alcance del productor.

PROINPA en varios años de investigación ha desarrollado una estrategia de manejo integrado de la quinua orgánica, basada en el uso de bioinsumos, que mantiene la sanidad de la plantas e incrementa los rendimientos hasta 50%. Estos bioinsumos se han generado a partir de cepas nativas de microorganismos benéficos, son formulados con materiales locales y están disponibles para los productores de quinua.

Objetivo: Desarrollar y difundir una estrategia de manejo integrado de la quinua orgánica, basada en el uso de bioinsumos.

Materiales y métodos

Estrategia para el manejo de la quinua

La estrategia de manejo de la quinua para una producción más sostenible, integra el manejo de la fertilidad del suelo y el manejo de plagas. Se debe considerar el uso combinado de bioinsumos en seis momentos críticos del desarrollo fenológico del cultivo y en función a la presencia de plagas (Figura 1).

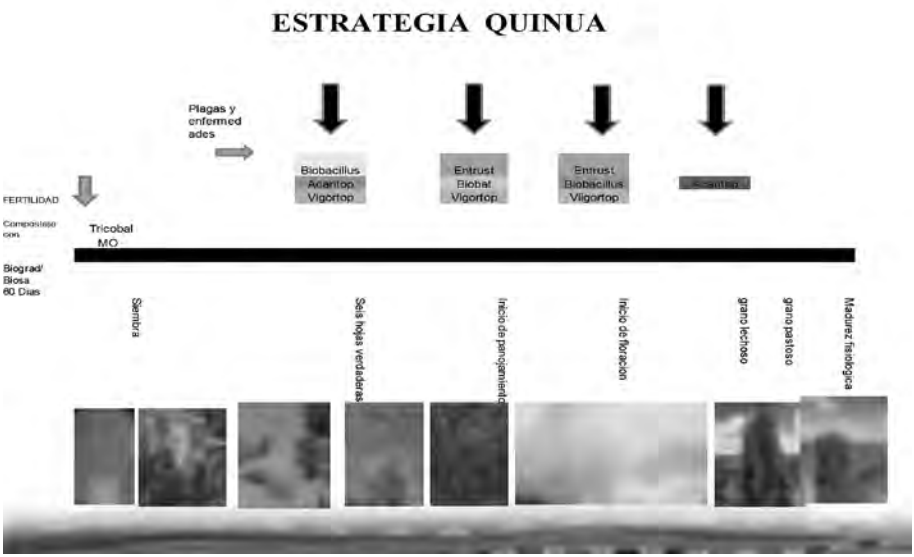


Figura 1.
Esquema de la estrategia de manejo integrado del cultivo de la quinua.

Uso de bioinsumos en momentos críticos

Elaboración de abonos orgánicos. Para la aplicación de abonos orgánicos, a la siembra o a la preparación del suelo, se elabora el compost utilizando estiércoles de animales y residuos vegetales, ya sea a los 30 días (compost inmaduro) o 60 días antes de la siembra (compost maduro). Para la preparación del compost, se debe utilizar Aceleradores o Biodegradadores de materia orgánica, como TERRA BIOSA o BIOGRAD.

Aplicación a la siembra. Aplicar a la siembra TRICOBAL (biofertilizante, promotor de crecimiento, biofungicida, activador de la resistencia de la planta), junto con el abono orgánico.

Primera aplicación foliar. Después de la emergencia, aplicar preventivamente en plantas pequeñas (5-10 cm, aproximadamente 6 hojas verdaderas): BIOBACILLUS (biofungicida, promotor de crecimiento, activador de resistencia), ACARITOP (bioinsecticida-fungicida) y VIGORTOP (biofertilizante foliar).

Segunda aplicación foliar. Aplicar al inicio de panojamiento: ENTRUST (Spinosad, bioinsecticida), BIOBAT (Bioinsecticida) y VIGORTOP.

Tercera aplicación foliar. Utilizar al inicio de la floración: ENTRUST (bioinsecticida), BIOBACILLUS (biofungicida, promotor de crecimiento, activador de resistencia) y VIGORTOP.

Cuarta aplicación foliar. Aplicar a la formación de grano lechoso ACARITOP (Bioinsecticida-fungicida)**.**

Cómo aplicar la estrategia por zonas

- *En una zona quinuera de clima no favorable para el mildiu, se recomienda usar la estrategia en combinación con las variedades disponibles, como Real Blanca, Real amarilla, Pandela, Pisankalla, etc. (Altiplano Sur).*
- *En una zona quinuera de clima favorable para el mildiu, se recomienda usar la estrategia en combinación con variedades tolerantes al mildiu como Jacha Grano y otras (Altiplano centro y norte).*
- *La estrategia, debe ser complementada con el uso de feromonas sexuales, para el monitoreo y control de las plagas.*

Características de los componentes y los productos utilizados en la estrategia

COMPOST es un compuesto orgánico que se obtiene mediante un proceso biológico aeróbico (descomposición), donde actúan microorganismos sobre sustratos orgánicos de origen vegetal y/o animal. El mejor compost es el que utiliza ambos tipos de sustratos. Se consideran dos tipos de compost: el compost joven o inmaduro, es aquél que está poco descompuesto y finaliza su descomposición una vez que se encuentra aplicado al suelo. El compost maduro es aquél que está debidamente descompuesto y puede utilizarse para cualquier tipo de cultivo. En la quinua se recomienda una dosis de 30 qq/ha ó 1,5 t/ha (con la sembradora SATIRI III), pudiendo llegar hasta 5 t/ha.

El uso del compost tiene muchas ventajas para mejorar la producción de cultivos y conservar la fertilidad de los suelos agrícolas. Las más importantes, por su efecto en el suelo son:

Mejora las propiedades físicas del suelo:

- Favorece la estabilidad de la estructura de los agregados del suelo agrícola,
- Reduce la densidad aparente, aumenta la porosidad y permeabilidad, y
- Aumenta la capacidad de retención de agua en el suelo.

Mejora las propiedades químicas:

- Aumenta el contenido de macronutrientes como: N, P ,K y de micronutrientes,
- Incrementa la capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.), y
- Es fuente y almacén de nutrientes para los cultivos.

Mejora la actividad biológica del suelo:

- Actúa como sustrato y alimento de los microorganismos que viven a expensas del humus y contribuyen a su mineralización.

TRICOBAL es un producto en base a microorganismos benéficos: *Bacillus subtilis* y *Trichoderma* spp., se aplica a la siembra junto con abonos orgánicos. Actúan como biofertilizantes, promotores de crecimiento y biofungicidas para enfermedades de suelo.

TRICOBAL se puede aplicar de diferentes formas:

- A la siembra: se utiliza la sembradora tipo SATIRI III, que tiene un compartimiento específico para el TRICOBAL. La formulación es granulada y se aplica a la dosis de 6 kg/ha.
- Se puede aplicar mezclado con el abono orgánico: 30 qq ó 1,5 tn de abono orgánico se mezcla con 6 Kg de TRICOBAL para una hectárea, luego se incorpora al suelo durante la siembra.
- Se puede aplicar a la semilla: TRICOBAL en polvo a una dosis de 2 kg/ha. Para la aplicación se coloca en un recipiente (bandeja) los 2 kg de TRICOBAL en polvo, se añade 1 litro de agua y se mezcla formando una solución pastosa, luego se añade la semilla (6 a 8 kg/ha) y se mezcla. El resultado será una semilla recubierta por TRICOBAL. Luego se seca la semilla, se la deja en la sombra y se la siembra.

BIOBACILLUS es un promotor de crecimiento y biofunficida en base a *Bacillus subtilis* y *Bacillus amyloliquefacien*s. Este producto ayuda a liberar nutrientes poco disponibles en el suelo y sustancias reguladoras del crecimiento (como el ácido indol-3-acético), y suprime enfermedades de suelo e inicia la Resistencia Sistémica Inducida (RSI).

ACARITOP/FUNGITOP:(ECOINSECTICIDA-FUNGICIDA) es un ecoinsecticida de contacto para el control de plagas de las plantas. Sólo afecta a las plagas en la superficie de la planta. Su acción es efectiva mientras persista en la hoja, también controla el mildiu de la quinua y sirve como repelente de animales daniños como ratones, conejos, vicuñas y otros animales.

BIOBAT es un bioinsecticida en polvo y en líquido. Tiene buenos resultados en las plantas afectadas por larvas de lepidopteros (ticonas y polillas). Se lo considera un bioinsecticida de ingestión, cuyo ingrediente activo es la bacteria entomopatógena *Bacillus thurigensis*. Requiere aplicaciones de manera preventiva y no es tóxico para los animales ni para el hombre.

ENTRUST (BIOINSECTICIDA), tiene como ingrediente activo al spinosad. Es el primer insecticida orgánico que posee la eficacia y la contundencia de los mejores insecticidas sintéticos, efectivo para el control de larvas de lepidópteros, amigable al medio ambiente y los insectos benéficos. Actúa por contacto e ingestión y posee acción translaminar. Es un producto aceptado para la producción orgánica.

VIGORTOP (Acidos húmicos y fúlvicos) es un biofertilizante, bioestimulante y promotor de crecimiento foliar orgánico líquido, que se utiliza en una gran diversidad de plantas (quinua, cultivos anuales, hortalizas, frutales, plantas ornamentales, etc.).

BIOGRAD es un biodegradador de residuos orgánicos constituido por microorganismos que permiten acelerar el proceso de descomposición de materia orgánica, posibilitando una rápida disponibilidad de nitrógeno para la planta. Es aplicable en residuos de cosecha. Humifica el estiercol y disminuye en 50% el tiempo de compostado. El compost, producto resultado de la descomposición, disminuye el periodo de cultivo e incrementa los rendimientos.

TERRABIOSA es un agente moderno y natural para compostar. Mejora el proceso de compostaje y elimina olores indeseables. Es un producto orgánico basado en hierbas medicinales y aromáticas que contiene microorganismos cuidadosamente seleccionados con un bajo PH de 3,5. Es una mezcla de bacterias ácido lácticas, bacterias fotosintéticas y levaduras. Estos microorganismos trabajan para combatir aquellas bacterias que crean problemas fitosanitarios. Se usa para combatir olores, reducir los costos del volteo de compostaje, acelerar el proceso de compostaje hasta en 50% y el potencial de tamizaje en 100%.

Cuadro 1.
Dosis de aplicación de los productos.

Producto	Dosis
Abonos orgánicos (compost)	30 qq/ha (1.5 t/ha) o mayor, hasta 5 t/ha
TRICOBAL	6 kg/ha, en formulación granulada en la sembradora Satiri III u otro. 6 kg/ha, en formulación en polvo , mezclado con el abono orgánico. 2 kg/ha, formulación concentrada en polvo, para tratamiento de semilla.
BIOBACILLUS	200 g/mochila de 20 litros de agua.
ACARITOP	0.5 litros/mochila 20 litros de agua
BIOBAT	200 g/mochila 20 litros de agua
ENTRUST (SPINOSAD)	3 g /20 litros de agua
VIGORTOP	1 litro/20 litros de agua
TERRABIOSA o BIOGRAD	1 litro/20 litros agua/m^3 de material para compostar

RESULTADOS

Durante varias campañas agrícolas en forma participativa con productores, asociaciones e instituciones se establecieron parcelas en diferentes zonas de producción de quínua.

En todas las campañas agrícolas, los resultados obtenidos muestran que la tecnología con Bioinsumos tuvo un efecto altamente positivo en el desarrollo y la producción del cultivo de quínua. Las parcelas mostraron significativamente un mayor desarrollo del cultivo, mayor tamaño de las plantas, mayor diámetro de tallos, mayor largo de las panojas, mayor sanidad de las plantas, y mayores rendimientos (mayores a 50%) y mayor calidad con respecto al manejo tradicional (Cuadro 2, Figura 2).

Cuadro 2.
Efecto de los tratamientos en el desarrollo y el rendimiento de la quinua.

Tratamientos	Tamaño plantas (cm)	Diámetro de tallos (cm)	Área foliar (%)	Largo panoja (cm)	Sanidad	Rendimiento (qq/ha) *
T1= Tecnología con bioinsumos	150	3.5	80	42	Buena	**25**
T2= Tecnología tradicional	110	2.5	55	30	Regular	**12**



Figura 2.
Producción de quinua orgánica en el Altiplano sud de Bolivia, Oruro. A la izquierda con bioinsumos ,y a la derecha, como realiza el agricultor.

Conclusiones

- Los resultados muestran que la estrategia de manejo de la quinua, que integra la fertilidad y el manejo de plagas y enfermedades, basado en el uso de bioinsumos en base a microorganismos benéficos como las bacterias y hongos benéficos aplicados con materia orgánica y complementada con fertilizantes foliares orgánicos y bioinsecticidas-fungicidas, es una alternativa importante para un manejo del cultivo de quinua más sustentable, más sensible con el medio ambiente y la salud del productor.

Referencias citadas

Backman, P.A., Brannen, P.M. and Mahaffe, W.F. 1994. Plant response and disease control following seed inoculation with *Bacillus subtilis*. In: Improving plant productivity with Rhizosphere Bacteria, Ryder, M.H. *et al.* (eds.), CSIRO division of soils, Glen Osmond.

Bochow, H., El-Sayed, S.F., Junge, H., Stavropoulou, A. and Schmiedeknecht, G. 2001. Use of *Bacillus subtilis* as bio control agent. IV. Salt-stress tolerance induction by *Bacillus subtilis* FZB24 seed treatment in tropical vegetable field crops, and its mode of action. Journal of Plant Diseases and Protection 108:21-30.

Navia,O.; Pozo, J.L.; Ortuño,N.; Meneses,E.; Arce, W. 2010. Incorporación de bioinsumos en base a microorganismos benéficos en la producción orgánica de quinua**.** Memorias: Congreso Mundial de la Quinua 2010. Oruro, Bolivia.

Ortuño, N.; O., Navia; V. Angulo; D. Barja y G. Plata. 2009. Desarrollo de biofertilizantes en base a microorganismos nativos para una producción soberana en Bolivia. Memoria V Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Oruro, Bolivia.

Smith, K.P., Handelsman, J. and Goodman, R.M. 1999. Genetic basis in plants for interaction with disease-suppressive bacteria. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 96, 4786-4790.

Sutton, J.C. 2005. Present and future perspectives of biological disease control in crops. En: Libro de resúmenes XIII Congreso Latinoamericano de Fitopatología- III taller de la Asociación Argentina de Fitopatólogos. Córdoba, Argentina. Abril 19-22, 2005. p. 11-14.

Producción de biofertilizantes para quinua con bacterias fijadoras de nitrógeno

Isabel Morales-Belpaire[1]; Guillermina Miranda-Torrez[2]; Virginia Mendez-Pinaya[1]; Carolina Morales-Arias[2]; Elizabeth Elliot-Portal[1]; Ivan Justo-Chipana[1].

[1]Instituto de Biología Molecular y Biotecnología, Carrera Biología, UMSA.

[2]Instituto de Ecología, Carrera de Biología, UMSA.

E-mail: moralesbisabel@gmail.com

Resumen

La creciente demanda para la quinua ha llevado a una fuerte presión sobre los suelos de las zonas productoras causando, entre otros, pérdida de fertilidad por extracción de nutrientes. El nutriente de mayor influencia sobre los rendimientos de quinua es el nitrógeno, que puede ser aportado mediante abonamiento con estiércol. En algunas zonas, sin embargo, la disponibilidad de estiércol es escasa, por tanto son necesarias alternativas de producción de abonos orgánicos ricos en nitrógeno. Una de ellas es la utilización de microorganismos fijadores de nitrógeno. Para esta finalidad, se han aislado varias cepas de bacterias diazotróficas a partir de suelos donde se cultiva quinua. Las seis cepas estudiadas con mayor detalle mostraron ser bacilos y la identificación molecular permitió clasificarlas como pertenecientes a las familias ***Bacillus*** y ***Paenibacillus***, con una cepa perteneciente al orden Rhizobiales. Las cepas BBAR001 y BBAP001 mostraron capacidad de producir ácido indolacético y BBAP001 presentó capacidad para solubilizar fósforo. Se determinó además que varias cepas podían crecer en medios de bajo costo como ser "infusión de suelo" y alguna fuente de carbono, ya sea sacarosa o infusión realizada con material vegetal. En las pruebas realizadas para determinar el mejor material o "carrier" a ser utilizado para el almacenamiento y transporte de las cepas, así como la inoculación de las semillas, se observó, para un almacenamiento prolongado de las cepas estudiadas, que humus y aserrín son buenos materiales y que el almacenamiento debe hacerse a 4°C o a temperatura ambiente (alrededor de 18°C). Las cepas estudiadas mostraron efecto positivo sobre la longitud de raíz de plántulas de quinua. Los resultados de la parcela experimental mostraron un efecto positivo de la combinación de estiércol y de la cepa BBAR001 sobre varios parámetros agronómicos.

Palabras claves: Biofertilizantes; bacterias fijadoras; nitrógeno.

Introducción

La creciente demanda internacional para la quinua ha llevado a una fuerte presión sobre los suelos de las zonas productoras. Se ha empezado a cultivar en áreas que tradicionalmente estaban destinadas al pastoreo y se han reducido los tiempos de descanso. Esta presión ha llevado, entre otros, a un empobrecimiento de los suelos y a una pérdida de fertilidad por extracción de nutrientes.

Si bien la quinua puede crecer y producir en suelos áridos con muy poco contenido en nutrientes, en esas condiciones los rendimientos son bajos (alrededor 650 kg.ha-1 según Del Castillo *et al*., 2008). El nutriente que ha mostrado tener mayor influencia sobre los rendimientos es el nitrógeno (Schulte auf'm Erley *et al*., 2005), sin embargo varias investigaciones han mostrado que la respuesta de la quinua al nitrógeno depende también de la precipitación de la zona y de la rotación de los cultivos.

En sistemas tradicionales, el requerimiento de nitrógeno y otros nutrientes para los cultivos es cubierto mediante abonado con estiércol al inicio de la rotación agrícola. El aumento de las áreas de producción ha llevado a la reducción de los pastizales y a una menor disponibilidad de abono (Del Castillo *et al*., 2008). Es por tanto necesario establecer alternativas de producción de abonos orgánicos ricos en nitrógeno que lleven a una mejora en los rendimientos y a la conservación de la fertilidad de los suelos.

Una alternativa para aumentar el contenido en nitrógeno del suelo es la utilización de biofertilizantes formados a partir de microorganismos fijadores de nitrógeno. El rol de los microorganismos fijadores en la mejora de la fertilidad del suelo es conocido desde hace más de una centuria (Bashan, 1998). Es conocido el uso de inóculos basados en las bacterias simbióticas *Rhizobium sp*. para mejorar el rendimiento de las leguminosas. Para cultivos distintos a leguminosas, se ha investigado más recientemente el efecto de microorganismos diazotróficos no simbióticos (Bashan, 1998). Por ejemplo, la inoculación de cultivos de arroz con bacterias fijadoras de nitrógeno no simbióticas ha mostrado un aumento de hasta 26% en el rendimiento de granos (Jha et al., 2009). Para el caso de la quinua, no se conocen estudios que impliquen el uso de biofertilizantes a base de microorganismos diazotróficos.

En este contexto, con el objetivo de implementar una tecnología microbiana que permita la preparación de un fertilizante orgánico de tenor elevado en nitrógeno, se han aislado y caracterizado microorganismos fijadores de nitrógeno de vida libre a partir de suelos donde se cultiva quinua, se ha probado la utilización de medios de bajo costo y se han estudiado soportes inertes (carriers) para la conservación y aplicación de biofertilizantes. Asimismo, se han realizado pruebas iniciales sobre el efecto que tienen estos microorganismos en el cultivo de quinua.

Materiales y métodos

Área de estudio

Se tomaron muestras de suelo y muestras vegetales de parcelas pertenecientes a las comunidades de Santiago de Quillacas (municipio Santiago de Quillacas), Bengal Vinto y Pampa Aullagas (municipio Pampa Aullagas). Estos municipios se ubican en el Altiplano Central y pertenecen al Departamento de Oruro. La parcela experimental para las pruebas relacionadas al efecto de las cepas microbianas sobre el cultivo de quinua se ubica en San José Bajo (Municipio Papel Pampa, Departamento La Paz).

Aislamiento de las cepas bacterianas

Se realizó el aislamiento de cepas bacterianas a partir de muestras de suelo de capa arable de parcelas que estaban cultivadas con quinua o se encontraban en descanso, habiendo sido cultivadas con quinua en campañas anteriores. Las características físico-químicas de los suelos utilizados se ven en el Cuadro 1.

Se inocularon medios de cultivo específicos con suspensiones preparadas a partir de las muestras de suelo. Los medios utilizados fueron: una versión modificada del medio LGI descrito por Jha *et al*. (2009) al cuál no se han agregado vitaminas y el medio semi-sólido NFb siguiendo un procedimiento descrito por por Dobereiner (1994). Los microorganismos aislados fueron conservados a 4°C, realizándose repiques cada 1-2 meses.

Cuadro 1.
Valores promedio para parámetros físico-químicos de las muestras de suelo utilizadas para el aislamiento de fijadores de nitrógeno.

Muestra	Conductividad (µS/cm)	pH	Materia orgánica (%)	Nitrógeno total (%)	Fosforo (ppm)	Clase textural
1 Quillacas cultivo	72	6,9	0,4	0,04	13	Arena
2 Quillacas descanso	74	6,9	0,3	0,04	13	Arena
3 Pampa Au. cultivo 1	56	6,6	0,4	0,05	6	Arena
4 Pampa Au. descanso	52	6,4	0,7	0,06	14	Arena
5 Pampa Au. cultivo 2	267	7,0	0,5	0,08	6	Arenoso franco
6 Bengalvinto cultivo	97	7,7	0,4	0,07	7	Arenoso franco
7 Bengalvinto descanso	127	7,5	0,2	0,06	7	Arenoso franco

A partir de las cepas bacterianas aisladas, se seleccionaron tres cepas que se habían desarrollado en medio LG (BBAR001, BBAR009 y BBAR017) y tres cepas que se habían desarrollado en medio NFb (BBAP001, BBAP002 y BBAP003) para las pruebas siguientes. Las cepas fueron seleccionadas en función a las características de las colonias y a su capacidad de crecimiento. Estas cepas fueron identificadas mediante secuenciación del gen 16S RNA en la Unidad de Secuenciación del la Facultad de Bioquímica y Farmacia (UMSA).

Evaluación de la producción de ácido indol acético y solubilización de fósforo

Se cuantificó la producción de ácido indol acético (AIA) de las cepas BBAR001 y BBAP001 mediante la utilización del reactivo de Salkowski, siguiendo el protocolo de Dhara *et al*. (2009). Para evaluar la solubilización de fósforo, se preparó un medio de cultivo sólido según el protocolo de Verma et al. (2001) con dos modificaciones. Se remplazó el NH_4Cl por $(NH_4)SO_4$ y el $Ca_3(HPO_4)_2$ por $CaHPO_4$. La capacidad de solubilización de fosforo fue evaluada por la formación de halos transparentes alrededor de las colonias bacterianas.

Desarrollo de medios de cultivo de bajo costo

Se determinó la capacidad que tenían las diferentes cepas seleccionadas para crecer en medios de cultivo de bajo costo. Estos medios de cultivo consistieron en infusiones de suelo adicionadas con una fuente de carbono, ya sea glucosa, sacarosa o una infusión de material vegetal proveniente de la zona de estudio. Las "infusiones de suelo" fueron preparadas según una modificación del protocolo propuesto por Page (1984). Para esto se suspendieron muestras de suelo en agua destilada en proporción 500 g de suelo seco por litro de agua. Las suspensiones se llevaron a autoclave por 20 min y luego se filtraron al vacío. En caso de notarse pérdida de volumen, se compensó por el volumen perdido con agua destilada y se ajustó el pH a valores entre 6,8 y 7. Las infusiones de material vegetal se realizaron suspendiendo 10g de material vegetal seco en 250 ml de agua destilada. Se llevó las mezclas a autoclave por 20 min y se realizó un filtrado. En el caso del "jipi" (residuo proveniente de la trilla del grano de quinua), se colocaron 5 g en 250 mL de agua, el resto del procedimiento fue el mismo que para las demás muestras vegetales.

Luego de la inoculación con las cepas seleccionadas, se llevó a cabo la incubación durante 7 días a 32°C, sin agitación. Al terminar el periodo de incubación, el crecimiento de biomasa fue evaluado mediante medidas de absorbancia a 600 nm (turbidimetría). Para evaluar la ausencia de contaminantes en estos medios, se tomaron asimismo algunas muestras al azar, estas fueron analizadas bajo microscopio.

Evaluación de diferentes soportes inertes para la conservación, manejo e inoculación de las semillas

Con la finalidad de determinar cuál sería el mejor soporte inerte que permita la conservación, manejo e inoculación de las semillas, se determinó la viabilidad de dos cepas (BBAR001 y BBAP001) al ser inoculadas a los siguientes materiales : aserrín, ceniza, humus de lombriz, arcilla y residuos de quinua (jipi). Una prueba inicial mostró que la ceniza no mantenía células viables de bacterias y que el jipi se contaminaba muy fácilmente por hongos, por lo que estos materiales fueron descartados. 20 ml de cada material fueron colocado en bolsas de polietileno y autoclavados a 121°C durante 120

minutos. Al finalizar el proceso de autoclavado, se agregó a cada material una suspensión de bacterias diazotróficas. Debido a que los diferentes materiales tenían diferente capacidad de absorción, se agregaron volúmenes diferentes de suspensión a cada material, pero la concentración en células bacterianas de cada suspensión fue ajustada mediante centrifugación y resuspensión para que el número de células inoculadas fuera siempre le mismo.

Los materiales inoculados fueron incubados a cuatro temperaturas (temperatura ambiente (18°C), 4ºC, 20ºC y 32ºC). Se realizaron evaluaciones del número de unidades formadoras de colonias (ufc) por cm^3 de cada "carrier" a los 5, 15, 30 y 45 días. Para esto se prepararon, para cada cepa, 1 control (carrier sin inoculo) y 3 réplicas por cada carrier, para cada conteo y para cada temperatura. Para evitar problemas de contaminación, en cada conteo se utilizó una bolsa que contenía al carrier inoculado, descartándose luego el contenido de la bolsa.

Para evaluar la cantidad de unidades formadoras de colonias en los carriers se tomó un volumen de $6cm^3$ de cada carrier y se lo suspendió en 1ml de agua destilada estéril. La suspensión fue centrifugada a 3000rpm durante 10 minutos. Se realizó una dilución 10^{-3} de la suspensión y se colocó 250µl de ésta en cajas Petri con medio solido LG y agar Centrimide para BBAR-001 y BBAP-001, respectivamente. Las cajas Petri fueron incubadas a 32ºC y los conteos de UFC fueron realizados al cabo de 24 horas para BBAP-001 y al cabo de 48 horas para BBAR-001.

Efecto de la inoculación con las cepas BBAR001 y BBAP001 sobre los estadíos iniciales de las plántulas de quinua

En base a los resultados de las pruebas anteriores, se escogieron 2 de los 5 carriers para evaluar el efecto en la germinación y primeros estadíos del cultivo de quinua. Se realizaron pruebas de germinación en frascos de vidrio con papel absorbente. Semillas de quinua, de la variedad Real Toledo y provenientes de una misma panoja, fueron inoculadas con las cepas microbianas BBAR001 y BBAP001 ya sea mediante adición del cultivo bacteriano líquido o recubrimiento de las semillas con los carriers aserrín, humus y arcilla. Se utilizó una solución al 5% de sacarosa como adherente. Los controles consistieron en semillas sin adición de cepas microbianas ni otro fertilizante.

Parcela experimental en San José Bajo (Municipio de Papel Pampa)

En la parcela experimental se estudió el efecto de la inoculación de las semillas con bacterias diazotróficas en combinación con diferentes niveles de estiércol, para dos variedades de grano. Se trabajó en una parcela de 952 m^2 con área útil de 720 m^2 la cuál fue subdividida en dos zonas, en una de ellas se sembró la variedad J'acha grano y en la otra la variedad Real pandela. En cada una de las subáreas se delimitaron 18 unidades experimentales cada una de ellas de 20 m^2. Se realizó un diseño de bloques al azar con los factores fijos: niveles de estiércol incorporado al suelo (0, 2 y 3 tn/ha) y niveles de

inoculación (sin inoculación, inoculación de las semillas con la cepa BBAR001). Para la inoculación de las semillas se utilizó humus como carrier. Se determinaron las variables agronómicas altura de planta, diámetro de tallo, longitud de la panoja y diámetro de la panoja.

Resultados

Características de las cepas bacterianas aisladas

La inoculación de suspensiones de muestras de suelo en el medio selectivo LGI dio lugar números variables de colonias de microorganismos fijadores de nitrógeno. La observación macroscópica de estas colonias mostró que podían ser clasificadas en cuatro grupos según su aspecto: a) colonias sin coloración (transparentes) y de aspecto mucilaginoso b) colonias blanquecinas lechosas de contorno redondeado, c) colonias blancas ovaladas de tamaño pequeño (diámetro menor a 1 mm), d) colonias que causan acidificación del medio. Para el caso de las inoculaciones realizadas en el medio semisólido NFb, se observó, en una mayoría de las muestras, la presencia una formación en "velo" o película situada aproximadamente a 5 mm de la superficie. Al transferir los microorganismos presentes en los "velos" hacia medio sólido, se observó el crecimiento de colonias blanquecinas.

Para una caracterización más detallada, se eligieron 3 cepas que mostraron mayor velocidad de crecimiento en los medios LGI y NFB y se llevó a cabo una caracterización mediante observación microscópica y secuenciación del gen 16 S RNA. En el Cuadro 2 se resumen las características de las cepas seleccionadas.

La identificación molecular de las cepas escogidas mostró que pertenecían mayormente a los géneros Bacillaceae y Paenibacillaceae, teniéndose una cepa de órden Rhizobiales Entre las cepas seleccionadas, no se encuentran *Azotobacter* ni *Azospirillum*, a pesar de que los medios utilizados eran en principio específicos para estos géneros. La capacidad de fijar nitrógeno puede ser observada en especies bacterianas muy poco emparentadas desde el punto de vista genético, probablemente debido a mecanismos de transferencia horizontal del gen nifH, que codifica la enzima nitrogenasa. Se tienen varios reportes del aislamiento de bacterias muy diversas con medios similares a los que utilizamos en el presente trabajo (Khan et al., 2008; Jha et al., 2009). von der Weid et al. (2002) reportan que *Paenibacillus polymyxa* ha sido aislado de la rizósfera de cultivos de maíz en Brazil y que lleva a cabo fijación de nitrógeno.

Cuadro 2.
Características de las cepas seleccionadas

			Identificación molecular (gen 16 S RNA)		
Cepa	**Aspecto macroscópico**	**Aspecto microscópico**	**Orden**	**Familia**	**Género**
BBAR001	Colonias mucilaginosas transparentes	Bastoncillos alargados/	Rhizobiales	-	-
BBAR009	Colonias pequeñas y transparentes	Bastoncillos alargados y delgados	_	_	_
BBAR017	Colonias blancas y pequeñas	Bastoncillos cortos curvados	Bacillales	Paenibacillaceae	Paenibacillus
BBAP001	Velo en medio semi-sólido	Bastoncillos alargados, con ensanchamiento en los extremos	Bacillales	Paenibacillaceae	Paenibacillus
BBAP 002	Velo en medio semi-sólido	Bastoncillos	Bacillales	Bacillaceae	-
BBAP003	Velo en medio semi-sólido	Bastoncillos alargados, curvados, con ensanchamiento en los extremos	Bacillales	Bacillaceae	Bacillus

Tanto BBAR001 como BBAP001 mostraron capacidad de producir ácido indol acético, siendo la cepa BBAR001 la que producía en mayor cantidad. La cepa BBAP001 también mostró capacidad de solubilización de fósforo. Tanto la producción de ácido indol acético que actúa como una hormona vegetal como la solubilización de fósforo son características que contribuyen a que estas cepas sean promotoras del crecimiento vegetal.

Desarrollo de medios de cultivo

La Figura 1 muestra los valores de absorbancia a obtenidos al inocular medios que contenían "infusión de suelo" más sacarosa con las diferentes cepas bacterianas. Para las cepas BBAR001, BBAR017 y BBAR009 se observó mayor turbidez (y por tanto mayor absorbancia) en los medios inoculados con las cepas respecto al control que no había sido inoculado, lo que indica crecimiento de estas cepas en este medio de cultivo. La cepa BBAP003 no mostró crecimiento en este medio. Las cepas BBAR001 y BBAR017 mostraron también crecimiento en el medio infusión de suelo más glucosa. Las cepas que habían sido aisladas en medio NFb no mostraron crecimiento distinguible en medios formados por "infusión de suelo" y sacarosa o glucosa. Al realizar las pruebas con infusiones obtenidas a partir de material vegetal, no se observó crecimiento satisfactorio para aquellas cepas que fueron aisladas a partir del medio LG pero sí para las cepas inicialmente aisladas en el medio NFb. La Figura 2 muestra crecimiento de las tres cepas, originalmente aisladas en NFb, en medio formado por infusión de suelo mas "jipi".

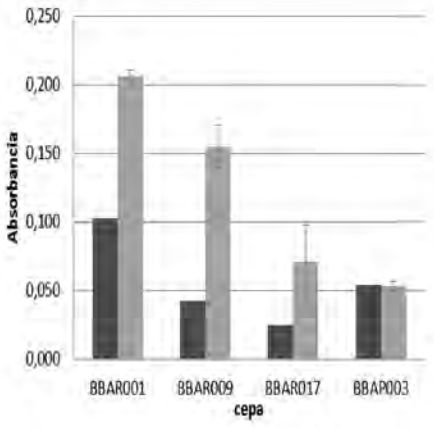


Figura 1.
Absorbancia de medios de cultivo preparados con infusión de suelo y sacarosa (1g/L). Columnas oscuras: controles no inoculados. Columnas claras: medios inoculados con las diferentes cepas.

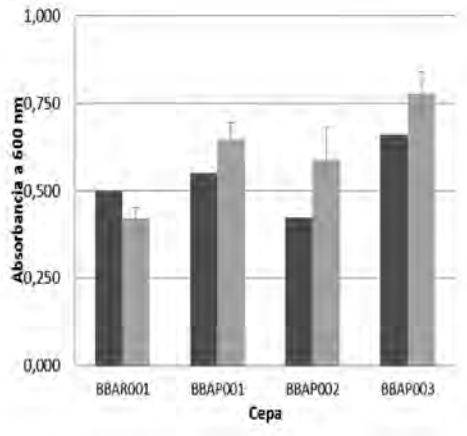


Figura 2.
Absorbancia de medios de cultivo preparados con infusión de suelo y "jipi". Columnas oscuras: controles no inoculados. Columnas claras: medios inoculados con las diferentes cepas.

Uso de diferentes sustratos como "carriers"

La Figura 3 muestra el número de unidades formadoras de colonias (UFC's), es decir el número de células bacterianas presentes en los distintos materiales inertes a diferentes tiempos luego de la inoculación y a diferentes temperaturas de incubación. Se puede observar que la temperatura de incubación tiene un fuerte efecto sobre la presencia de células viables. Al cabo de 45 días luego de la inoculación, se mantienen células viables a 4°C y temperatura ambiente mientras que, para las temperaturas más altas, el número de células viables al cabo de este tiempo fue muy bajo. La temperatura puede tener a un efecto directo sobre las células pero también a un efecto indirecto dado que a altas temperaturas se observó una deshidratación de los "carriers".

BBAR001 y BBAP001 respondieron de forma diferente a la temperatura. Para temperaturas bajas (4°C y temperatura ambiente) se observó en general mayor cantidad de células viables para BBAP001 que para BBAR001, mientras que en los primeros 15 días luego de la inoculación, y a temperaturas de 20°C y 30°C el número de unidades formadoras de colonias fue mayor para la BBAR001. En cuanto a los diferentes carriers empleados, los resultados dependieron de la temperatura y la cepa. Para 4°C y para la cepa BBAP001, tanto humus como aserrín mostraron ser materiales apropiados, mientras que a temperatura ambiente, para la misma cepa, el aserrín parecería ser un mejor material. En el caso de la cepa BBAR001, a temperatura ambiente, el humus mostró ser un mejor "carrier". Para tiempos largos de almacenamiento de las cepas, se recomienda por tanto utilizar los humus o aserrín y temperaturas bajas. Sin embargo, para la cepa

BBAR001, se puede obtener un número mayor de células si el almacenamiento se hace a 20°C por tiempos cortos (menos de 15 días). En el caso de la arcilla, si bien en algunas mediciones iniciales se ha determinado un número elevado de unidades formadoras de colonias, este material ha mostrado una tendencia a deshidratarse rápidamente por lo que no se recomienda su uso para almacenamiento, manejo e inoculación de las semillas.

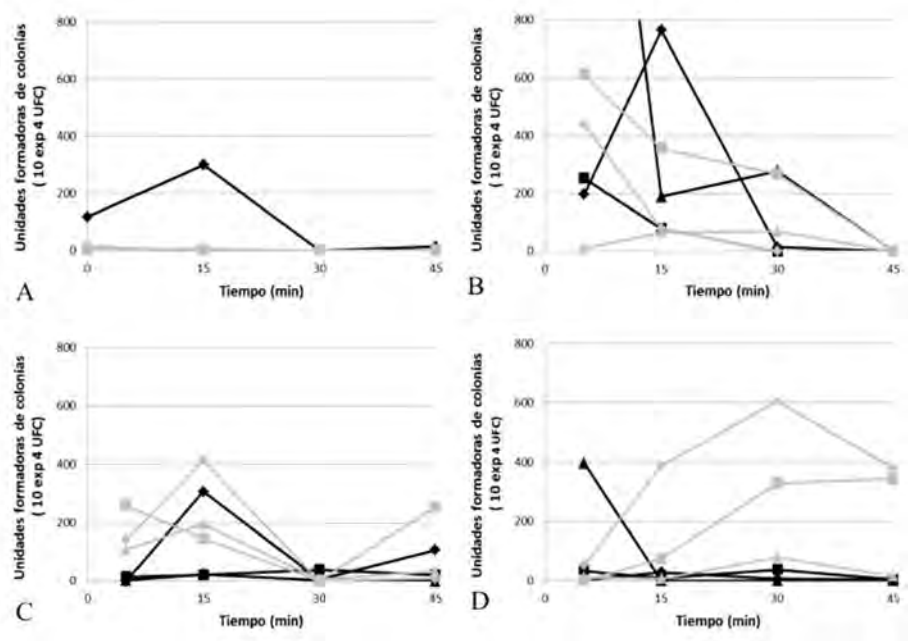


Figura 3.
Sobrevivencia de las cepas bacterianas BBAR001 (líneas oscuras) y BBAP001 (líneas claras) inoculadas en diferentes soportes o "carriers" humus (rombos), aserrín (cuadrados) y arcilla (triángulos) para diferentes temperaturas A: 4°C, B:temperatura ambiente, C:20°C y D: 32°C.

Resultados sobre los primeros estadíos de la plántula

La Figura 4 muestra el efecto de la inoculación de las semillas de quinua con las cepas BBAR001 y BBAP001 sobre la longitud de la raíz y de tallo de plántulas de quinua. La inoculación fue realizada ya sea mediante agregado directo de medio líquido a las semillas o mediante recubrimiento de las mismas utilizando los "carriers" aserrín y humus. Puede verse que la inoculación con BBAP001, tanto en medio líquido como mediante la utilización de los dos carriers, dio lugar a un incremento significativo en la longitud de las raíces siendo mayor la longitud cuando el carrier era humus. La cepa BBAR001 inoculada mediante el carrier humus a la quinua fue la que produjo mayor elongación

de la raíz de quinua pero la inoculación con aserrín y en medio líquido dio lugar a raíces más cortas que en el control. Las condiciones en las que se ha utilizado el carrier corresponden a temperatura ambiente y pocos días luego de la inoculación. Según lo observado en la Figura 3B, en esas condiciones, los conteos de células viables son mayores para BBAP001, la cepa que ha llevado a un incremento de la longitud de raíz en todas las condiciones. También se observa en la Figura 3C que el número de ufc de la cepa BBAP001 en humus tiene una tendencia a aumentar fuertemente lo que podría explicar su efecto sobre la raíz de las plántulas. Como ambas cepas producen ácido indol acético, este puede tener efecto sobre el crecimiento de las raíces en las etapas iniciales de las plántulas.

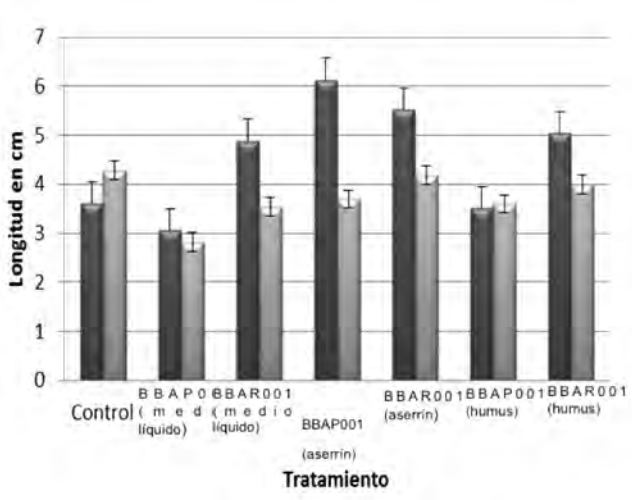


Figura 4.
Efecto de la inoculación de la semilla de quinua con las cepas BBAR001 y BBAP001 sobre la longitud de raíz (columnas oscuras) y la longitud de tallo (columnas claras) en plántulas de quinua evaluadas siete días después de la germinación.

Resultados parcela experimental

La Figura 5 muestra los valores obtenidos para altura de planta, diámetro de tallo, longitud de panoja y diámetro de panoja en una evaluación realizada 4 meses luego de la emergencia y antes de la cosecha. Se observa un aumento en los valores de los parámetros medidos con la dosis de estiércol incorporada. Para una misma dosis de estiércol, se observa también una tendencia a obtener mayores valores para las plantas que han sido inoculadas con BBAR001 que para las plantas que no han sido inoculadas. Estas mismas tendencias se observaron en las evaluaciones anteriores. El análisis de varianza indica que la dosis de estiércol ha tenido un efecto significativo (α=0,05) en todas las evaluaciones de diámetro de tallo, longitud de panoja y diámetro de panoja.

La inoculación con la cepa BBAR001 mostró tener un efecto significativo longitud de panoja en cuatro de las cinco evaluaciones realizadas y sobre diámetro de panoja en tres de las cinco evaluaciones realizadas. En las demás evaluaciones para estos parámetros la significancia estuvo por debajo de 0,100. Finalmente, la dosis de estiércol y la inoculación mostraron interacción significativa en cuanto a su efecto sobre longitud de panoja y sobre diámetro de panoja. Esta interacción mostraría una sinergia entre el abonamiento y la inoculación, la presencia de estiércol permitiría un mejor desarrollo de las bacterias diazotróficas causando mayor fijación de nitrógeno, solubilización de fósforo y producción de hormonas que promueven el crecimiento vegetal.

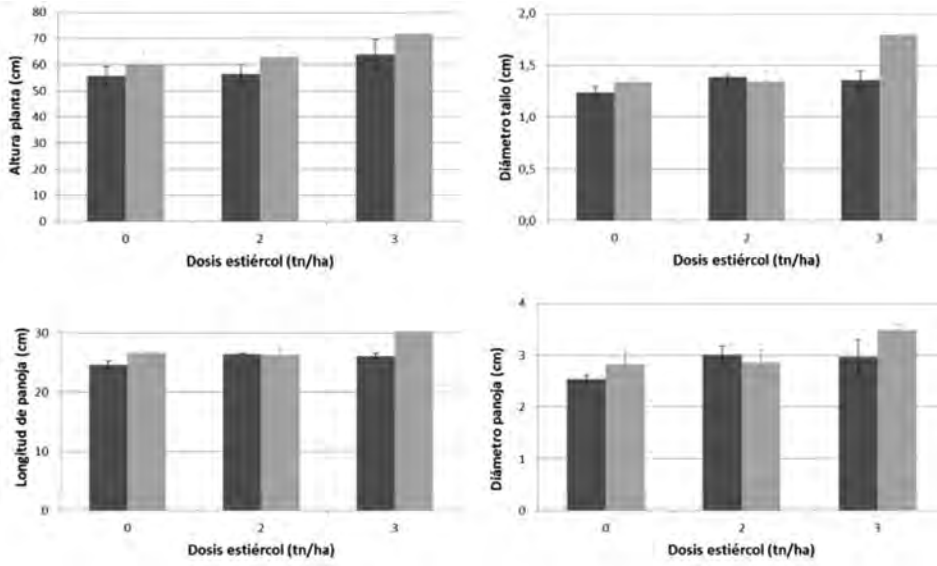


Figura 5.
Efecto de la adición de estiércol y de la inoculación de la semilla de quinua con la cepas BBAR001 variables agronómicas. Columnas oscuras: semillas no inoculadas. Columnas claras: semillas inoculadas.

Conclusiones

- Se han aislado varias cepas de bacterias fijadoras de nitrógeno a partir de suelos donde se cultiva quinua. Seis de las cepas pertenecen a las familias *Bacillus* y *Paenibacillus*, mientras una pertenece al orden Rhizobiales. Dos de las cepas estudiadas, producen ácido indolacético y una de ellas solubiliza fósforo. Se determinó además que varias cepas podían crecer en medios de bajo costo como ser "infusión de suelo" suplementado con alguna fuente de carbono. En las pruebas realizadas para determinar el mejor material o "carrier" a ser utilizado para el almacenamiento y manipulación de las bacterias así como la inoculación de las

semillas, se observó, para un almacenamiento prolongado de las cepas estudiadas, que humus y aserrín son buenos materiales y que el almacenamiento debe hacerse a 4°C o a temperatura ambiente (alrededor de 18°C).

- La inoculación con cepas diazotróficas mostró tener efecto sobre la longitud de raíz de plántulas de quinua. En la parcela experimental, se observó que la combinación de estiércol con inoculación de una cepa diazotrófica tenía efectos positivos sobre el diámetro de planta, longitud de panoja y diámetro de panoja.

Referencias citadas

Bashan, Y. ,1998. Inoculants of plant growth-promoting bacteria for use in agriculture Biotechnology Advances, Vol. 16, No. 4, pp. 729-770.1998.

Del Castillo, C., Mahy, G., Winkel, T. ,2008 La quinoa en Bolivie : une culture ancestrale devenue culture de rente " bio-équitable " Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 12(4), 421-435.

Dobereiner J. 1995. Isolation and identification of aerobic nitrogen-fixing bacteria from soils and plantas. En: Kassen A. y Nannipieri P (eds). Methods In Applied Soil Microbiology And Biochemistry. Academic Press Limited, London p. 134-141.

Jha, B., Thakura, M.C., Gontiaa, Iti, Albrech, V., Stofels, M., Schmid, M., Hartmann, A. , 2009 Isolation, partial identification and application of diazotrophic rhizobacteria from traditional Indian rice cultivars. European Journal of Soil Biology 45: 62 – 72.

Khan, H.R., Mohiuddin, Rahman , M. ,2008. Enumeration, Isolation and Identification of Nitrogen-Fixing Bacterial Strains at Seedling Stage in Rhizosphere of Rice Grown in Non-Calcareous Grey Flood Plain Soil of Bangladesh Journal of the Faculty of Environmental Science and Technology.Okayama University.Vol.13 No1, pp.97-101.

Page, L.. (ed) (1984) Methods in Soil Analysis Part II.

Schulte auf'm Erley, G., Kaul, H.P., Kruse, M., Aufhammer, W, 2005. Yield and nitrogen utilization efficiency of the pseudocereals amaranth, quinoa, and buckwheat under differing nitrogen fertilization. Europ. J. Agronomy 22 (2005) 95–100.

von der Weid,I., Frois Duarte,G., van Elsas, J.D., Seldin, L., 2002. Paenibacillus brasilensis sp. nov., a novel nitrogen-fixing species isolated from the maize rhizosphere in Brazil. International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology (2002), 52, 2147–2153.

Agroindustria

Mejoramiento para calidad industrial de la quinua

Amalia Vargas; Alejandro Bonifacio; Wilfredo Rojas.

Fundación PROINPA.

E-mail: a.vargas@proinpa.org

Resumen

La quinua presenta diversidad genética amplia compatible con la diversidad agroecológica de los Andes y los usos variados del producto. Esta diversidad ha sido estudiada en alguna medida en sus aspectos morfológicos, genéticos y agronómicos, pero muy poco se ha estudiado sobre la calidad industrial del grano que es el principal producto alimenticio. En la práctica, las variedades de quinua se diferencian por el tamaño de grano (grano, mediano y pequeño) y color del grano lavado (blanco, café o rojo y negro). Por tanto, es necesario revalorar el saber local sobre variedades y uso de las mismas así como conocer las propiedades industriales. Para los propósitos del estudio se ha recopilado información local vigente entre los productores, el análisis de laboratorio de principales parámetros de calidad del grano. Por otra parte, un grupo de 20 líneas y variedades fueron sometidas al análisis de laboratorio para determinar las variables relacionadas con la calidad industrial. Los resultados del estudio muestran que en el saber local se diferencian variedades en función al uso, siendo los de grano blanco de tamaño mediano a grande para utilizar en alimentos cocinados hirviendo, las variedades de grano rojo, café, o phisankalla (reventón) para tostado y después molido (pitu), el grano pequeño de color blanco para harina y sus derivados y la quinua negra exclusivamente para tostado y molido (pitu). Los resultados de laboratorio muestran que la proteína varía entre 12.6 y 18.2%, la fibra de 3.05 a 6.28%, los gránulos de almidón varían de 1.1 a 5.2 micras, los azucares invertidos de 12 a 23%, el agua de empaste de 19 a 31%, amilosa de 8.2 a 21.8%, la temperatura de gelatinización de 57 a 88 C, tiempo de gelatinización de 17 a 30 minutos, contenido de hierro entre 0.5 a 7.2mg-100. La información obtenida permite establecer relacionar los resultados de laboratorio y la calidad industrial de la quinua. Las características del grano de quinua analizadas muestran una relación directa con la calidad industrial al que puede ser sometida cada variedad. Así por ejemplo, los gránulos de almidón pequeños son aptos para harina, las variedades con menor tiempo de gelatinización para la preparación de alimentos para niños, etc.

Palabras claves: Mejoramiento; industria; agua de empaste; amilosa.

Introducción

En general los cultivos andinos y en particular la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) se caracterizan por albergar una amplia variabilidad genética que no está siendo usada adecuadamente debido al desconocimiento del potencial de su diversidad y aptitudes de sus variedades y sus formas de utilización.

En Bolivia los trabajos de investigación sobre la mejora genética del cultivo de quinua se iniciaron en la década de los 60', las actividades inicialmente se centraron en la búsqueda de variedades de grano grande, de color blanco y de alto rendimiento, para tal efecto anualmente se efectuaron y efectúan selecciones fenotípicas y cruzamientos entre progenitores de caracteres deseados para su incorporación en las progenies.

Las áreas de producción del cultivo se encuentran a lo largo del altiplano y en particular las áreas potenciales de exportación corresponden al altiplano sur. Sin embargo, las condiciones ambientales adversas que caracterizan al altiplano repercuten en la producción del cultivo, y los rendimientos que logran cosechar los agricultores alcanzan un promedio de 572 Kg/ha (Encuesta Nacional Agropecuaria, 2008). Asimismo, el cambio climático está incrementado la recurrencia e intensidad de sequías prolongadas y cambios en el régimen de lluvias, teniendo efectos directos e indirectos en la base productiva del cultivo.

Por otra parte, desde los años 80', la quinua ha experimentado un notable 'boom' debido al incremento de la demanda regional e internacional (Bazile, 2013). La quinua ha tomado una importancia mundial y nuestro país de exportar 1.000 TM el 2001 ha pasado a 24.000 TM el 2011 y el 2014 se estima alcanzar 34.000 TM exportadas. De 3.5 millones de $US exportados el 2005 ha pasado a 60 millones el 2011. Las exportaciones que se realizan corresponden a materia prima (grano que se obtiene de las cosechas) y para alcanzar los volúmenes de exportación los agricultores y empresas acostumbra a mezclar un conjunto de variedades.

El proceso de cambios favorables para el mercado de la quinua y los cambios en el comportamiento del clima han hecho que también se vayan ajustando las prioridades del mejoramiento del cultivo, sin dejar de lado la productividad, a finales de la década de los 90' se consideró el color café y negro de los granos, conocidos en el mercado internacional como 'quinua roja' y 'quinua negra', respectivamente. Asimismo, se incorporó el criterio de precocidad (noventonas) como una alternativa al retraso de las lluvias y de esta forma ampliar la posibilidad de siembra hasta noviembre y lograr cosechas dentro del ciclo de cultivo.

Si bien las empresas y/o asociaciones han volcado su esfuerzo a la exportación de materia prima, que es lo que predomina en las ventas al exterior, varias empresas desde hace más de una década han iniciado la transformación de productos y derivados a base de quinua y en los últimos años la diversidad de productos transformados se ha incrementado y en diferentes presentaciones. Sin embargo, estos productos transformados se elaboran con

quinua mezclada (diferentes variedades) y es por ello que no se puede alcanzar la misma calidad entre una y otra elaboración del producto transformado.

En el país son 24 las variedades de quinua obtenidas por mejoramiento genético a través de hibridaciones y/o selección (Espíndola y Bonifacio 1996; Bonifacio *et al*. 2006; Rojas-Beltrán *et al*. 2010). Asimismo, se cuenta con un complejo de al menos 54 variedades amargas conocidas con el nombre de "Quinua Real" (Bonifacio *et al*. 2012), de las cuales la variedades Real Blanca, Toledo, Pandela, K'illu, Pisankalla y la Negra dominan el mercado de exportación.

En general las variedades de Quinua Real son de rendimientos bajos (≤ a 700 Kg/ha) y de ciclo largo (≥ a 180 días), es por ello que en el altiplano sur las siembras se iniciaban en el mes de agosto. Sin embargo, la variabilidad del clima y las pérdidas por sequia, helada o enterrado por arena ha derivado en la necesidad de quinua precoces para poder sembrar con las primera lluvias (diciembre). En el altiplano Central y Norte, las fechas de siembra han sido desplazadas hasta noviembre, siendo la demanda de variedades precoces una necesidad.

Por otra parte, el incorporar el concepto de "diversidad genética" para la elaboración de productos transformados permite usar en su verdadera magnitud el potencial genético que tiene las variedades. Es posible seleccionar y obtener: variedades con porcentajes de proteína más altos (≥ 18%) y lograr productos más atractivos, variedades con diámetros de gránulo de almidón pequeños (≤ a 3 µ) para obtener pipocas esplendidas y homogéneas, variedades con porcentajes estables de amilosa y amilopectina para la elaboración de flanes, papillas gelatinizadas, cremas instantáneas, fideos, entre otros.

Desarrollar variedades de quinua con características que permitan a las familias de agricultores adaptar mejor el manejo del cultivo y al mismo tiempo puedan cumplir con los parámetros requerido por la agroindustria a las que les permita garantizar la repetitividad de la calidad del producto en base a la estructura genética de las variedades.

Para responder a la problemática de la quinua se ha planteado los siguientes objetivos:

- Seleccionar y obtener variedades con ciclos de producción precoces (≤ 150 días), con arquitecturas de plantas y granos homogéneos y de alto rendimiento.
- Evaluar el valor nutritivo y agroindustrial del grano de variedades y líneas proceso de selección.
- Seleccionar y obtener variedades cuyos granos expresen características de valor nutritivo y agroindustriales.

Material y métodos

Para el estudio, se han empleado ecotipos, variedades y líneas de la colección de trabajo del programa de mejoramiento genético de la quinua y los análisis se han realizado en el Laboratorio LAYSAA.

Los métodos empleados para la determinación de los diferentes parámetros son:

Proteína: Método Kjeldahl, digestión acida de la muestra y destilación del nitrógeno en medio básico, utilizando el factor 6.25 para la conversión de proteínas.

Fibra cruda: Método gravimétrico, extracción con solvente orgánico, previa hidrolisis acida de la materia.

Tamaño de granulo de almidón: Determinado por medio del polarógrafo de Kofler, que consta de una placa cuya temperatura es regulable.

Con la determinación del tamaño de granulo podemos determinar los valores de temperatura de gelatinización y grado de gelatinización. Conociendo este valor podemos cuantificar los resultados y dar orientación agroindustrial para realizar las distintas mezclas con cereales y leguminosas para establecer el carácter funcional de la quinua. La temperatura de gelatinización tiene correlación con los tamaños de gránulos de almidón, en general siendo más alta para los almidones con gránulos pequeños.

Contenido de azúcar invertido: Es la medida del contenido de glucosa y fructuosa. Su nombre hace referencia a que el poder rotatorio de la solución frente a la luz polarizada es invertido por el proceso de hidrólisis que separará la sacarosa en sus dos subunidades. Tiene mayor poder endulzante que el azúcar común (30% más), dificulta la cristalización del agua y acelera la fermentación de la masa de levadura.

Contenido de almidón: El almidón, es necesaria como fuente energética de la dieta alimentaria y sus propiedades físicas influyen en la textura y adaptabilidad de los alimentos a los diferentes procedimientos industriales de transformación a los que se los somete. El almidón está básicamente conformado por dos componentes la amilosa y la amilopectina, dependiendo de la cantidad de estos componentes podemos establecer las propiedades de verificación de los almidones ya que la amilopectina es casi insoluble en el agua.

Contenido de amilasa: La relación amilosa/amilopectina, imparte características definitivas en las propiedades funcionales de los almidones, dada la aplicación específica que se puede dar de este en un desarrollo de un producto. La amilosa se caracteriza porque favorece la retrogradación de sus pastas durante el enfriamiento, ocasionando el indeseable fenómeno de sinéresis, mientras la amilopectina presenta pastas espesas que no se retrogradan fácilmente al enfriarse. Este dato determina la condición visco-elástica del grano.

Contenido de agua de empaste: Este parámetro mide el contenido de agua que puede retener los granos y/o la fracción almidonosa al momento de humidificarse para los procesos de elaboración de cervezas, chicha y alimentos fermentados, gelatinizar granos y elaboración de pastas alimenticias.

Resultados y discusión

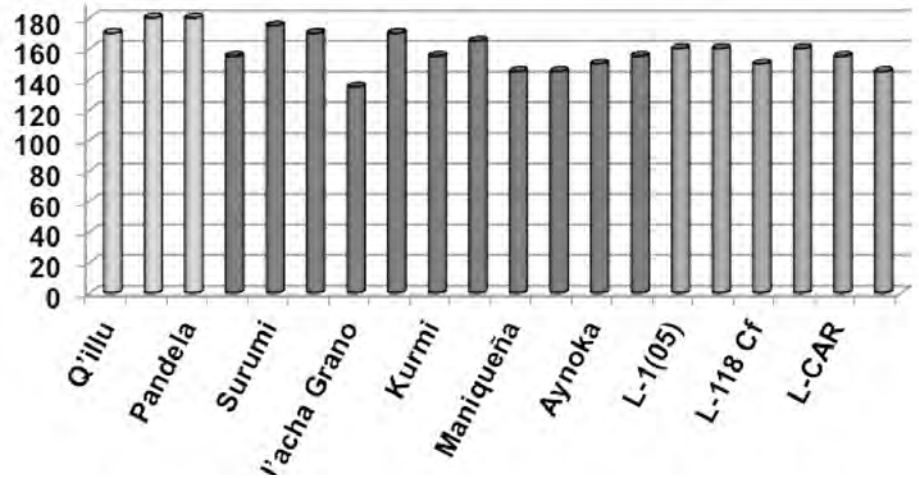


Figura 1.
***Variación de la duración del cultivo (días) en 20 ecotipos reales, variedades y líneas mejoradas de quinua*.**

En la Figura 1 se puede ver que el material evaluado alcanza la madurez fisiológica entre 145 y 180 días después de la siembra, distinguiéndose material de ciclo precoz, semi precoz y tardío tanto en ecotipos, variedades y líneas.

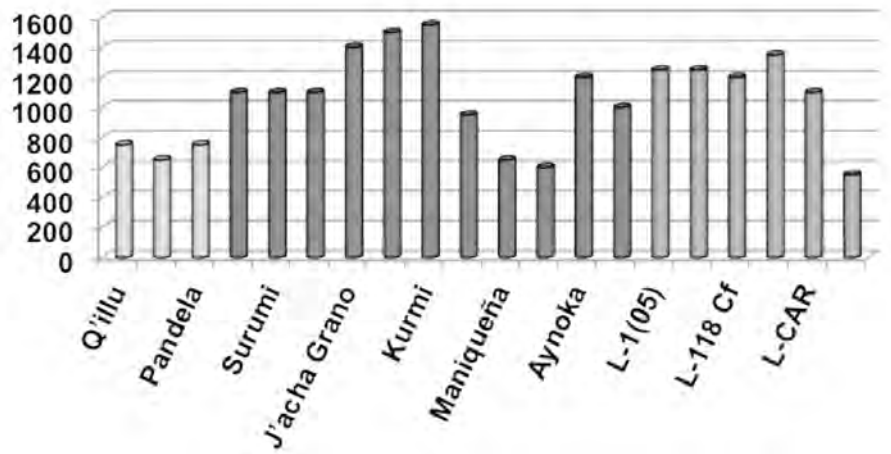


Figura 2.
***Variación del rendimiento de grano (kg/ha) en 20 ecotipos, variedades y líneas de quinua*.**

La Figura 2 muestra la variación de rendimiento en el material de estudio que va de 600 a 1550 kg/ha. El grupo amarillo que corresponde a los ecotipos reales muestra bajos rendimientos que fluctúan entre 650 a 750 kg/ha. El grupo de 11 variedades mejoradas registra rendimiento de 600 a 1550 kg-ha, lo que muestra que con la mejora genética se ha incrementado al doble la producción de grano en muchos casos. En algunos casos los bajos rendimientos está ligada a la precocidad donde aún se tiene que trabajar en el mejoramiento del rendimiento. El grupo de líneas seleccionadas, presenta rendimientos que varían entre 550 a 1350 kg-ha.

La recopilación del saber local sobre la calidad para el uso o consumo, permite diferenciar variedades. Los de grano blanco de tamaño mediano a grande se emplea para utilizar en alimentos cocinados hirviendo, las variedades de grano rojo, café, o phisankalla (reventón) para tostado y después molido (pitu), el grano pequeño de color blanco para harina y sus derivados y la quinua negra exclusivamente para tostado y molido (pitu).

Recientemente y a través de un trabajo coordinado con las empresas de CABOLQUI, el programa de mejoramiento está dando énfasis para contribuir a mejorar la calidad de los productos mediante el uso apropiado de variedades en la agroindustria.

Contenido de proteína (%)

La característica relacionada con el valor nutritivo es el contenido de la proteína. En nuestra evaluación varió entre 12.6 y 18.2% (Cuadro 1) que muestra un amplio rango comparados con el rango de 11.6 – 14.96% que indican Jacobsen y Sherwood (2002). La Figura 3 muestra la distribución de tres grupos que corresponden: *grupo amarillo* (quinua real), el *grupo rojo* (variedades mejoradas) y el *grupo azul* (líneas mejoradas). La quinua real tienen bajo contenido de proteína con un máximo de14.49% para el ecotipo Real Blanca. Las variedades mejoradas alcanzan un máximo de 16.11% que corresponde a la variedad Kurmi y las líneas presentan un rango más amplio del contenido de proteína que va de 12.36 a 18.2% ofreciendo posibilidad de seleccionar nuevas variedad de alto contenido de proteína.

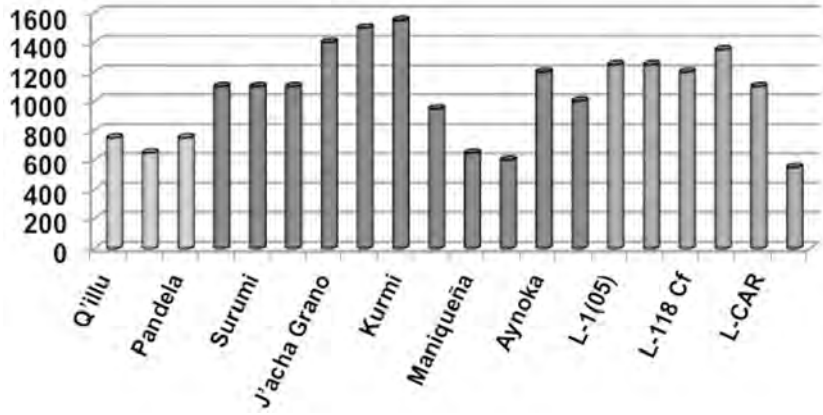


Figura 3.
Variación en el contenido de proteína (%) en 20 genotipos de quinua (ecotipos reales, variedades y líneas mejoradas de quinua).

Diámetro de granulo de almidón (µ)

La variación del tamaño de gránulo de almidón fluctuó de 1.1 a 5.2 µ, el tamaño más pequeño de gránulo de almidón corresponde a la variedad Blanquita. Esta variedad es la más difundida en el Altiplano Norte por sus cualidades de quinua harinera por apreciación de productores y coincide con la interpretación basada en análisis de laboratorio. El tamaño de gránulo de almidón es un dato muy importante que nos da las primeras pautas para la aplicación o usos industriales que se quieran dar a los productos o subproductos. Menor diámetro de micrones es bueno para pipocas.

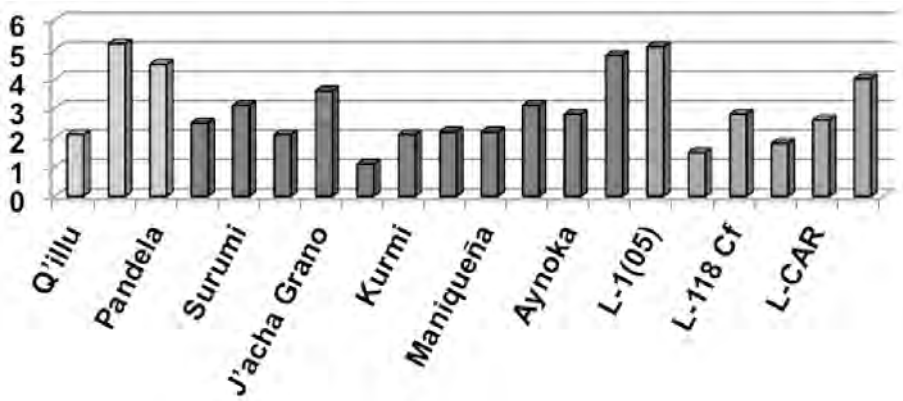


Figura 4.
Variación del diámetro de granulo de almidón (µ) en 20 genotipos de quinua (ecotipos reales, variedades y líneas mejoradas de quinua).

Contenido de almidón (%)

El contenido de almidón mientras más alto sea el porcentaje es mejor. El almidón proporciona entre el 70 a 80% de las calorías consumidas por los humanos.

En el caso del contenido de almidón analizado en las muestras de quinua (Figura 5), indican que fluctúa entre 32 a 61.49%, quiere decir que las quinuas con mayores contenidos con las mejores por las calorías que aportan. Tanto los grupos amarillo, rojo y azul tienen quinuas cuyos valores de porcentaje de almidón fluctúan entre 52.65 a 61.49%. El porcentaje de contenido de almidón influye en la textura y adaptabilidad de los alimentos que pueden ser orientados en la panificación y extrusión. También, pueden orientarse en el uso de: productos espesantes, estabilizantes y gelificantes.

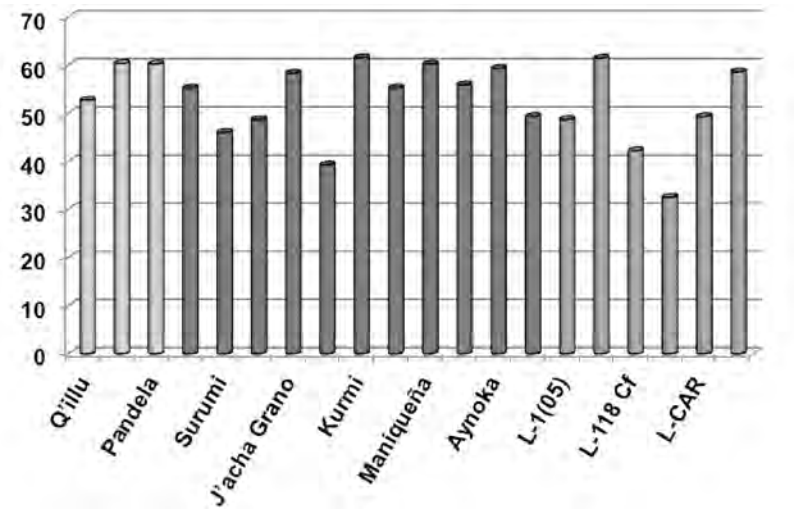


Figura 5.
Variación del contenido de almidón (%) en 20 genotipos de quinua (ecotipos reales, variedades y líneas mejoradas de quinua).

Contenido de amilosa (%)

La variación del contenido de amilosa fluctuó entre 8.2 a 21.8% (Figura 6), los mayores porcentajes de contenido de amilosa se encuentran en las variedades mejoradas cuyo rango se encuentra entre 13.1 a 21.5%. Químicamente, el almidón está compuesto por *amilosa* y *amilopectinas*. Las variedades Surumi y Jacha Grano tienen 8.2 y 10.5% de amilosa y por diferencia tiene 91.8 y 89.5% de amilopectina (Cuadro 2).

Para la elaboración de FLANES y BUDINES, se necesita que la quinua tenga mayor amilopectina y menor amilosa, considerándose a las variedades Surumi y Jacha Grano como aptas para elaborar flanes. Los valores bajos de amilosa tienen efectos positivos en los procesos de gelatinización del producto.

Para extrusados y fideos, se requiere mayores cantidades de amilosa. La Caraquimeña con 21.8% de amilosa y la Linea K Chullpi con 21.5% de amilosa serían las mejores para estos procesados.

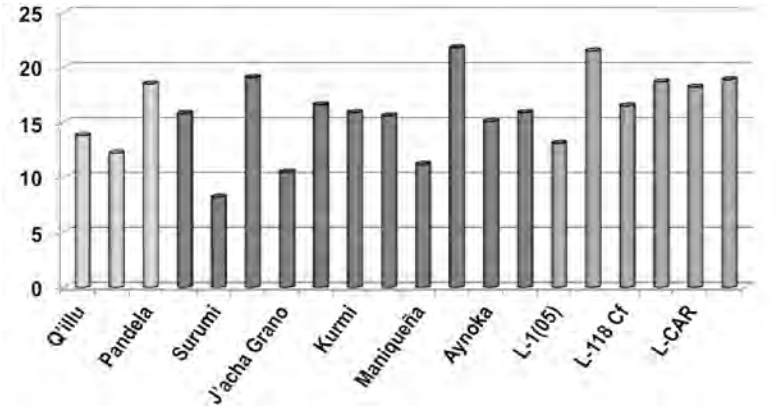


Figura 6.
Variacion del contenido de amilosa (%) en 20 genotipos de quinua (ecotipos reales, variedades y líneas mejoradas de quinua).

Contenido de agua de empaste (%)

El contenido de agua de empaste varió entre 19 a 31% (Figura 7). Esta variable mide la capacidad de absorción de agua del almidón para los procesos de elaboración de pasta, panificación y bollería. Para la aplicación en la industria se considera valores ≥ a 50%. Considerando esta característica nuestro material se encuentra por debajo de este valor ideal. Lo que conduce a buscar otros material.

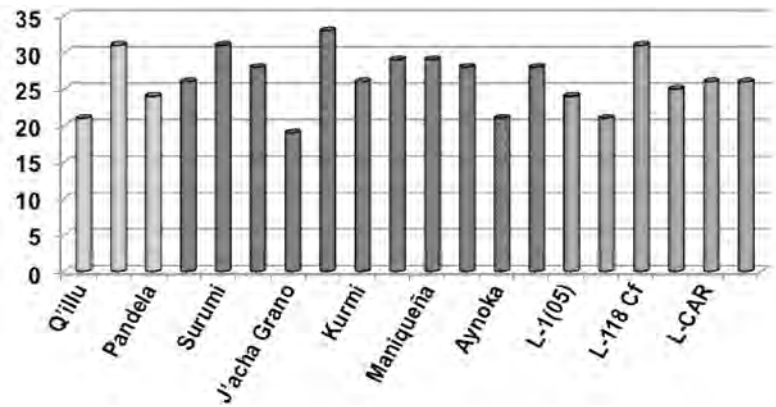


Figura 7.
Variación del contenido de agua de empaste (%) en 20 genotipos de quinua (ecotipos reales, variedades y líneas mejoradas de quinua).

Cuadro 1.
Características agronómicas, valor nutritivo e industrial de 20 genotipos de quinua: Grupo 1 ecotipos reales, Grupo2 variedades mejoradas y Grupo 3 líneas en proceso de mejora).

	Grupo	Nombre	Rend (kg/ha)	dMF (d)	Proteína (%)	TALM (µ)	%ALM	% AMI	% AEM
1	G1	Q'illu	750	170	12.78	2.1	52.65	13.8	21
2	G1	Real Blanca	650	180	14.49	5.2	60.29	12.2	31
3	G1	Pandela	750	180	12.85	4.5	60.18	18.5	24
4	G2	Intinaira	1100	155	14.37	2.5	55.21	15.8	26
5	G2	Surumi	1100	175	14.77	3.1	45.98	8.2	31
6	G2	Chucapaca	1100	170	13.78	2.1	48.65	19.1	28
7	G3	J'acha Grano	1400	135	14.21	3.6	58.26	10.5	19
8	G3	Blanquita	1500	170	13.77	1.1	39.24	16.6	33
9	G3	Kurmi	1550	155	16.11	2.1	61.49	15.9	26
10	G3	Horizontes	950	165	13.25	2.2	55.24	15.6	29
11	G3	Maniqueña	650	145	12.36	2.2	60.14	11.2	29
12	G3	Cariquimeña	600	145	13.19	3.1	55.87	21.8	28
13	G3	Aynoka	1200	150	13.65	2.8	59.28	15.1	21
14	G3	Kosuña	1000	155	14.85	4.8	49.28	15.9	28
15	G4	L-1(05)	1250	160	14.98	5.1	48.68	13.1	24
16	G4	Línea K-Chullpi	1250	160	18.2	1.5	61.41	21.5	21
17	G4	L-118 Cf	1200	150	16.85	2.8	42.15	16.5	31
18	G4	L-PSKA	1350	160	17.87	1.8	32.51	18.7	25
19	G4	L-CAR	1100	155	13.01	2.6	49.25	18.2	26
20	G4	L- Qanchis	550	145	14.15	4	58.58	18.9	26
		PROMEDIO	**1050**	**159**	**14.4745**	**2.96**	**52.717**	**15.855**	**26.35**

Rend :Rendimiento; *dMF* :Días a madurez fisiológica (d), *TALM*: Tamaño almidón, *%ALM*:Porcentaje de almidón, *% AMI*:Porcentaje de amilosa, % *AEM*:Porcentaje de agua de empaste.

Conclusiones

- El ciclo productivo del grupo de material evaluado para probables usos industriales se encuentra en el rango de precoces, semiprecoces y tardíos.
- La información obtenida permite establecer en algunos casos, la relación del saber local y los resultados de laboratorio con respecto a la calidad industrial de la quinua.
- Las características del grano de quinua analizadas muestran una relación directa con la calidad industrial al que puede ser sometida cada variedad. Así por ejemplo, los gránulos de almidón pequeños son aptos para harina, las variedades con menor tiempo de gelatinización para la preparación de alimentos para niños, etc.

- Los rangos amplios en las variedades analizadas ofrecen oportunidad para seleccionar por ciertas características industriales, lo que implica la ampliación de los objetivos del mejoramiento genético de la quinua.
- La variedad blanquita tiene el granulo de almidón más pequeño (1.1) y catalogado como apto para harina en base al análisis de laboratorio y la apreciación de los productores.
- La Caraquimeña con 21.8% de amilosa y la Linea K Chullpi con 21.5% de amilosa serían las mejores para estos procesados en forma de extrusados y fideos.

Referencias citadas

Bazile, D. 2013. La quinua, un catalizador de innovaciones. Perspective – Estrategias de Desarrollo. Enero de 2013, N° 20.

Bonifacio, A., G. Aroni y M. Villca. 2012. Catálogo etnobotánico de la Quinua Real. Fundación PROINPA. La Paz, Bolivia.

Bonifacio, A., W. Rojas, R. Saravia, G. Aroni y A. Gandarillas. 2006. PROINPA consolida un programa de mejoramiento genético y difusión de semilla de quinua. Informe Compendio 2005-2006. Fundación PROINPA. Cochabamba, Bolivia. pp 65-70.

Espíndola, G. y A. Bonifacio. 1996. Catálogo de variedades mejoradas de quinua y recomendaciones para producción y uso de semilla certificada. Publicación conjunta IBTA/DNS: Boletín No. 2, La Paz, Bolivia. 76 p.

Jacobsen, S-E. y Sherwood S. 2002. Cultivo de granos andinos en Ecuador. Informe sobre los rubros de quinua, chocho y amaranto. FAO-CIP-CRS. Quito, Ecuador. 89 p.

Rojas-Beltrán, J., A. Bonifacio, G. Botani y J. Maugham. 2010. Obtención de nuevas variedades de quinua frente a los efectos del cambio climático. Informe Compendio 2007-2010. Fundación PROINPA. Cochabamba, Bolivia. pp 67-69.

Estudio de la capacidad de producción de aflatoxinas en quinua (*Chenopodium quinoa* Willd)

Janneth Mamani[1]; Montserrat Agut[2]; Lluís Comellas[2].

[1]Universidad Técnica de Oruro.

[2]IQS - Universidad Ramon Llull.

E-mail: ma_janneth@yahoo.es

Resumen

La quinua (***Chenopodium quinoa*** Willd.) un producto natural, originario de los andes de América del Sur que ha mostrado su potencial nutritivo, por lo cual se lo está revalorizando en países de Europa y Asia, y en EE.UU. A estas zonas se han exportado miles de toneladas en este último tiempo. Por otra parte la importación y exportación de alimentos, se ve restringida por las regulaciones de entrada de cada país por la probabilidad que existe algún tipo de contaminación.

Hasta ahora, según nuestro conocimiento, no se ha reportado ningún caso de contaminación de quinua por aflatoxinas, pero debido a la naturaleza vegetal de la quinua, nos planteamos la posibilidad de su contaminación por estos tóxicos. Las aflatoxinas son metabolitos secundarios producidos por ciertos tipos de cepas de mohos que causan mucho daño a la salud, por lo cuál, en el presente trabajo se ha estudiado la potencialidad como sustrato de la quinua de permitir la producción de estos metabolitos por parte de cepas de mohos productores, en el caso que pueda darse una contaminación por estos tipos de hongos.

Para ello, se ha adaptado un método desarrollado para el arroz por la FDA que utiliza cromatografía en capa fina (TLC) para la detección de aflatoxinas en quinua. En este estudio, también se utiliza un método de cromatografía liquida de ultra alta resolución acoplada a un detector de ultravioleta y fluorescencia (UHPLC UV/FLUO)

Se ha evaluado si la cepa de ***Aspergillus parasiticus*** CECT 2681, descrita como productora de aflatoxinas cuando crece sobre arroz, es capaz de desarrollarse y de producir las aflatoxinas B_1, B_2, G_1 y G_2 sobre quinua. Realizado el estudio, se evidencia que ***Aspergillus parasiticus*** crece sobre el sustrato quinua, produciendo las aflatoxinas B_1, B_2, G_1, G_2 en cantidades elevadas.

Palabras claves: Quinua; mohos; aflatoxinas.

Introducción

Bolivia es un país muy rico en cuanto a diversidad de especies alimenticias y cuenta con zonas agroecológicas donde se desarrollan los granos andinos como la quinua (*Chenopodium quinoa,* Willd). La quinua es considerada por la FAO y la OMS como un alimento único por su altísimo valor nutricional (FAO 1996).

Durante los 10 últimos años, la quinua ingresó en un auge silencioso, tiene una alta demanda a nivel internacional. Los principales mercados externos son Estados Unidos, Francia y Holanda. Bolivia es el primer productor de quinua en el mundo con el 46% de la producción total a nivel mundial (INE, 2009).

Los mercados, como la Unión Europea, dentro de sus regulaciones han reducido la tolerancia a sustancias contaminantes, como las micotoxinas. Las micotoxinas son un grupo muy diverso de metabolitos secundarios de origen fúngico caracterizadas por presentar una heterogénea toxicidad tanto para el hombre como los animales.

Las micotoxinas son un grupo muy diverso de metabolitos secundarios de origen fúngico caracterizadas por presentar una heterogénea toxicidad tanto para el hombre como los animales, la toxicidad que puede variar desde causar efectos carcinogénicos, teratogénicos o mutagénicos hasta la producción de desórdenes de tipo hormonal o inmunosupresor.

Ahora bien, aunque hay muchos géneros de hongos implicados en la micotoxicogenesis, la mayoría de las micotoxinas están producidas por especies de los géneros *Aspergillus*, *Penicillium, Fusarium* y *Alternaria*. Las aflatoxinas han sido y siguen siendo las micotoxinas más estudiadas debido a su elevada toxicidad y amplia distribución. Forman una familia de 16 compuestos, de las cuales las aflatoxinas B_1, G_1, B_2, G_2 y M_1 son las que se localizan con más frecuencia en los alimentos y son toxicas. En la figura 1, se muestra la estructura química de las principales aflatoxinas.

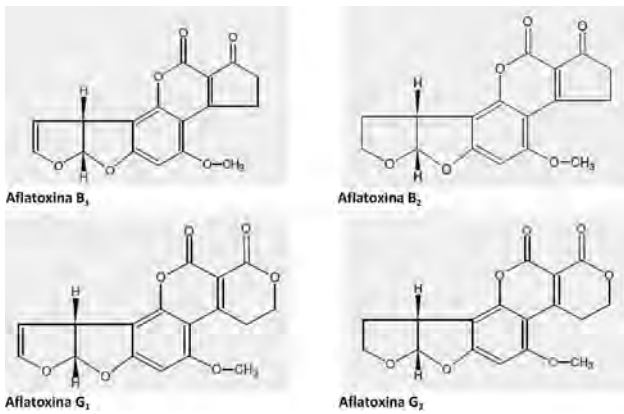


Figura 1.
Estructuras químicas de las cuatro principales aflatoxinas

Por todo lo comentado, el principal objetivo de este trabajo es: Estudiar la probabilidad de crecimiento de mohos y posterior producción de aflatoxinas en quinua, mediante TLC y UHPLC en el grano de quinua.

Materiales y métodos

Análisis cromatográfico

Muestras. Se analizaron dos muestras de quinua, una procedente de Bolivia secada al sol (quinua - secado sol) y otra, de origen también boliviano (quinua - mercado), adquirida en un mercado de Barcelona (España). Por otra parte la muestra de arroz (arroz - mercado) utilizada en los ensayos, fue adquirida en Barcelona y era de origen español.

Preparación de soluciones patrón. Se disuelven los patrones de las aflatoxinas B_1, B_2, G_1 y G_2 en metanol calidad HPLC, obteniéndose disoluciones madre de una concentración de 100 mg/L. A partir de estas disoluciones se preparan disoluciones patrón más diluidas.

Determinación de la capacidad de producción de aflatoxinas en arroz y quinua. El método empleado se basa en el descrito por la FDA (1998), desarrollado para el arroz, que en el presente trabajo se ha aplicado a la quinua.

Recuperación de cepas de Aspergillus parasiticus - CECT 2681. Para la inoculación de las muestras se utilizó la cepa *Aspergillus parasiticus* de la Colección CECT 2681 (Colección española de cultivos tipo). Esta cepa está descrita como productora de las aflatoxinas B_1, B_2, G_1 y G_2 cuando se desarrolla sobre diferentes substratos vegetales, como el arroz. La cepa fue adquirida liofilizada, por lo que, primero se realizó la recuperación en medio líquido y sobre agar extracto de malta al 2%.

Inoculación de Aspergillus parasiticus en muestras de quinua o arroz. El procedimiento seguido fue el siguiente: Se pesaron 5 gramos de quinua o arroz, se agregaron 5 ml de agua desionizada y se esterilizaron, por una parte en autoclave y por otra con luz UV. Las muestras en autoclave se esterilizan a una temperatura de 121ºC durante 20 minutos. Otras se dejaron por 3 horas a la luz UV de longitud de onda de 254 nm. Una vez terminada la esterilización por ambos métodos, se inocularon mediante la adición de dos discos de cultivo de 6 mm de *Aspergillus parasitucus* obtenidos a partir de una colonia de 7 días desarrollada sobre agar extracto de malta incubada a 27ºC. Posteriormente, las muestras de quinua o arroz, inoculadas con el moho, se incubaron a 27ºC durante 7 días.

Extracción de las aflatoxinas. En base a las referencias bibliográficas (Ventura, 2004), se determinó que para el arroz, la proporción de 90:10: de metanol/agua v/v es adecuada para la extracción de las aflatoxinas. Tras probar diferentes mezclas para la extracción de las aflatoxinas presentes en muestras de quinua contaminadas

voluntariamente, se optó como líquido de extracción la mezcla de acetonitrilo/ agua en la proporción 84:16 v/v. Esta última, ha sido también utilizada en otros estudios de extracciones de aflatoxinas en alimentos, como maíz y maní. (Zhaohui Fu, *et al*.)

Detección por cromatografía de capa fina (TLC). La detección de aflatoxinas por TLC se realiza de la siguiente manera: En una placa de cromatografía de gel de silica, se aplican 5 µL de concentraciones 25; 12,5; 6,25 y 3,12 mg/L de patrones de las aflatoxinas B_1, B_2, G_1, G_2, que se han preparado a partir de una concentración madre de 100 mg/L.

Se sembraron también los correspondientes extractos de las muestras de quinua o arroz. La elución se realizó en una cámara de vidrio con tapa y se desarrolló con tolueno: acetato de etilo:ácido fórmico (60:30:10 v/v/v). Tras la elución, la placa se secó a temperatura ambiente (20-25ºC) y se visualizó con luz UV (365 nm), para la localización de las posiciones de las manchas de las aflatoxinas en los patrones y las muestras.

Límite de detección. Se inyectaron concentraciones sucesivas con cantidades decrecientes de aflatoxinas, hasta que ya no pudo detectarse u observarse. La cantidad mínima detectable se toma como límite de detección.

Resultados

En Cuadro 1, se presentan las concentraciones de patrón en mg/L, a cuya intensidad de mancha son referibles las muestras analizadas. Igualmente en la siguiente columna se muestran, por comparación de las intensidades de las manchas los valores del rango de concentración de las aflatoxinas producidas por *Aspergillus parasiticus.*

Cuadro 1.
Estimación de las cantidades de aflatoxinas por TLC.

Muestras	Margen de patrón (mg/L)	Rango aflatoxinas mg/kg
Quinua UV	12,5 – 6,25	250 – 125
Quinua AC	25 – 12,5	500 – 250
Arroz UV	25 – 12,5	500 – 250
Arroz AC	25 – 12,5	500 – 250

Quinua UV y Quinua AC: Quinua esterilizada por luz ultravioleta y autoclave
Arroz UV y Arroz AC: Arroz esterilizado por luz ultravioleta y autoclave

Determinación de aflatoxinas por cromatografía líquida de ultra alta resolución (UHPLC)

Teniendo en cuenta los rangos de concentración que se han obtenido por TLC (Cuadro 1), se han diluido las muestras con el fin de ajustar su concentración a la mayor sensibilidad

de la UHPLC. Para ello, se tomaron 1 ml de cada uno de los extractos de las muestras y se enrasó a 50 ml, con metanol:agua (40:60 v/v). Este procedimiento es importante, ya que la composición inicial del gradiente en UHPLC tiene esta composición de fase móvil. La dilución se filtra a través de un filtro de nylon de 0,22 µm y se inyectó en el UHPLC. Las condiciones cromatográficas del UHPLC-UV-FLUO, fueron:

- Cromatográfo: ACQUITY UPLC-TUV-FLUO.
- Detector/s: UV (350 nm)-FLUO (Longitudes de onda Ex363 y Em450 nm).
- Columna cromatográfica: Acquity UPLC® BEH RP C18-50 mm x 2,1 mm x 1,7 µm.
- Fase móvil: gradiente de metanol:agua.
- Temperatura de columna: 30ºC.
- Volumen de inyección: 10 µL.
- Flujo: 0,4 mL/min.
- Tipo de elución: gradiente.

Cuadro 2.
Gradiente de concentraciones para la inyección en UHPLC.

t (minutos)	A%	B%
0	40	60
2,30	85	15
2,50	85	15
2,60	40	60
3,20	40	60

Donde: A: MeOH (metanol) B: H_2O (agua)

Se han inyectado los patrones de las aflatoxinas B_1, B_2, G_1 y G_2 a una concentración de 0,4 mg/L.

En el UHPLC, se ha trabajado con los detectores de ultravioleta UV (350 nm) y fluorescencia FLUO (λEx=363 nm y λEm=450 nm), se han inyectado los patrones de las aflatoxinas B_1, B_2, G_1 y G_2 a una concentración de 0,4 mg/L.

Posteriormente, se han inyectado, todas las extracciones de las muestras de quinua y arroz, con los detectores UV y FLUO por separado, cada muestra se inyectó por duplicado. Se obtuvieron los cromatogramas de los mismos, de donde se obtuvo los tiempos de retención de las distintas aflatoxinas. Por integración se obtienen las correspondientes áreas de los patrones inyectados con cada uno de los detectores. Es así, que, en los Cuadros 3 y 4 se muestran, las cantidades de aflatoxinas estimadas que se han producido en las muestras inoculadas con el mismo detector y con diferentes tipos de esterilización.

Cuadro 3.
Contenido de aflatoxinas en quinua y arroz inoculadas con A. parasiticus, detector de UV y esterilización por autoclave

Muestra	Aflatoxinas			
	G_2 (mg/kg)	G_1 (mg/kg)	B_2 (mg/kg)	B_1 (mg/kg)
Quinua (mercado)	170	883	146	1078
Quinua (mercado)- r.	183	915	159	1161
Quinua (secado sol)	83	409	71	561
Arroz (mercado)	56	266	74	612
Arroz (mercado)-r.	53	276	51	574

r: repetición

Cuadro 4.
Contenido de aflatoxinas en quinua y arroz inoculadas con** A. parasiticus**, detector de UV y esterilización con luz UV.

Muestra	Aflatoxinas			
	G_2 (mg/kg)	G_1 (mg/kg)	B_2 (mg/kg)	B_1 (mg/kg)
Quinua (mercado)	20	172	15	145
Quinua (mercado)-r.	25	228	23	199
Quinua (secado sol)	20	141	20	172
Arroz (mercado)	32	109	80	354
Arroz (mercado)-r.	72	259	141	827

r: repetición

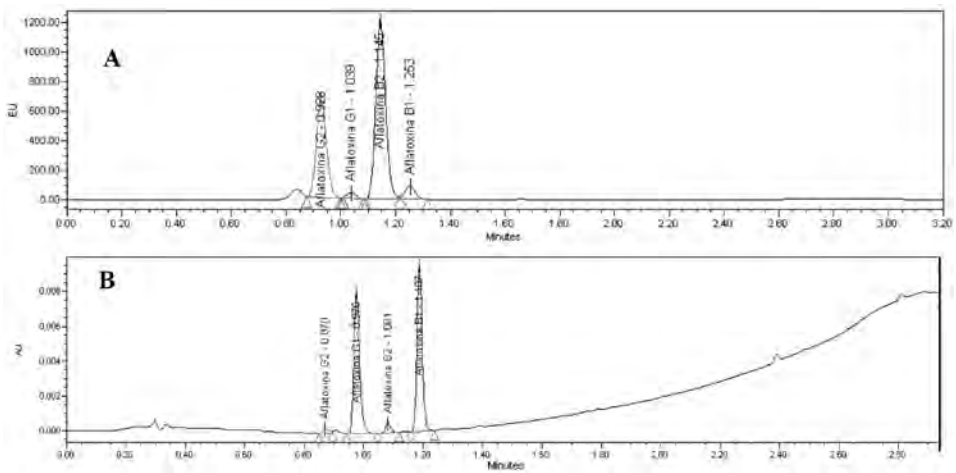


Figura 2.
Cromatograma UHPLC. A: Patrones de aflatoxinas B_1, B_2, G_1 y G_2 en UHPLC/Fluorescencia a 0,4 mg/L. B: Extracto de quinua, esterilización con luz UV y detector de UV.

Discusión

De los resultados mostrados en los Cuadros 3 y 4 es de destacar los siguientes resultados:

En las muestras esterilizadas por luz ultravioleta, tanto en la quinua como en el arroz, se ha producido una menor cantidad de aflatoxinas que en las muestras esterilizadas en autoclave.

En la muestra "secado al sol" la producción de aflatoxinas ha resultado ser menor respecto a la quinua obtenida en el mercado de Barcelona. Sin embargo, no pueden extraerse conclusiones debido al reducido tamaño de las muestras analizadas. Además, lo que si se demuestra es que la quinua es un substrato adecuado para la producción de aflatoxinas por parte de mohos micotoxigénicos si se dan las condiciones ambientales adecuadas, facilitadas al moho, como en este trabajo.

Tal y como era de esperar, la cepa fúngica produjo aflatoxinas sobre el arroz esterilizado en autoclave, pero aquí también demostramos que también las produce en arroz esterilizado por radiación ultravioleta, aunque en menor cantidad. Esto puede ser debido a que en este caso la estructura del arroz se mantiene mas intacta que cuando se utiliza calor húmedo. En el caso de la quinua sucede lo mismo.

Así mismo, los resultados en el Cuadro 4, son coherentes entre si, tanto en quinua como en arroz, esterilizadas con luz ultravioleta y con los dos detectores. Se observa en este caso, que la muestra de quinua (secada al sol), tiene una producción similar, con respecto a la quinua (mercado) y a las muestras de arroz.

Respecto al arroz no se observan mayores diferencias en el proceso de esterilización (UV) y el detector utilizado (UV ó FLUORESCENCIA).

Por los datos del Cuadro 3, se observa que las mayores producciones corresponden a las muestras de quinua y arroz esterilizadas con autoclave, respecto a las que fueron esterilizadas con UV.

Conclusiones

- Se ha adaptado un método de Cromatografía de Capa Fina (TLC) para quinua, para la determinación de aflatoxinas B_1, B_2, G_1 y G_2. Muestras de quinua y arroz han sido inoculadas con *Aspergillus parasiticus,* que han dado producciones de aflatoxinas altas, que estimadas por TLC, están en el rango de 125 - 500 mg/kg. Con lo anterior, se concluye que la quinua es un substrato adecuado para la producción de aflatoxinas.
- La determinación por cromatografía liquida de ultra alta resolución (UHPLC) con detección de UV y FLUORESCENCIA, ha permitido cuantificar las aflatoxinas B_1, B_2, G_1 y G_2, dando unos valores que se encuentran dentro del rango estimado por el de TLC, esto es: 15 mg/kg a 1326 mg/kg según la toxina, la muestra, o el procedimiento de esterilización que se haya aplicado.

- Se ha observado en la quinua que las mayores producciones de aflatoxinas corresponden a G_1 y B_1 y que la producción es mayor en muestras esterilizadas en autoclave que por esterilización UV.

Referencias citadas

Anaya, I., 2006. Maíz y alimentos derivados. Calidad Microbiológica y desarrollo de métodos analíticos para fusariotoxinas. Tesis Doctoral. Instituto Químico de Sarria. Barcelona. España.

Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 2003. Official Methods of Analysis, 17th Edition. Chapter 49: Subchapter 2 Aflatoxins. Official Method 975.35.

Bioversity International, 2010. Granos Andinos Avances, logros y experiencias, desarrolladas en quinua, cañahua y amaranto en Bolivia.

CECT. 2010. Colección Española de Cultivos Tipo. Instrucciones para la recuperación de cultivos liofilizados. Universidad de Valencia. Valencia, España.

Quiroga, C., Escalera, R. 2010. Evaluación de la calidad nutricional y morfología del grano de variedades amargas de quinua beneficiada en seco, mediante el novedoso empleo de un reactor de lecho fluidizado de tipo surtidor. Investigación &Desarrollo 10: 23-36. ISSN 1814-6333.

Ventura Benitez, M. 2004. Desenvolupament de mètodes cromatografics per a l'analisis d'aflatoxines i ocratoxina A en productes de origen vegetal. Tesis doctoral. Institut Quimic de Sarria. Barcelona.

Ventura, M., Gómez, A., Broto-Puig, F., Agut, M., Comellas, L. 2004. Analysis of aflatoxins B1, G1, B2, G2 in medicinal herbs by liquid chromatography tandem mass spectrometry.

Ventura, M., Guillen, D., Anaya, I., Broto-Puig, F., Lliberia, J. L., Agut, M. Comellas, L. 2006. Ultraperformance liquid chromatography/tandem mass spectrometry for the simultaneous analysis of aflatoxins B1, G1, B2, G2 and ochratoxin A in beer. Rapid Commun. Mass Spectrom, 20: 3199–3204.

Zhaohui Fu, Xuexiang Huang, Shungeng Min. 2008. Rapid determination of aflatoxins in corn and peanuts. Journal of Chromatography A, 1209, 271–274.

Caracterización físico - química y nutricional de los 13 ecotipos de quinua real (*Chenopodium Quinoa* Willd.) del altiplano sur de Bolivia con fines agroindustriales y exportación

Arturo Reynaga; Marina Quispe; Isaias Calderon; Angel Huarachi; José Luís Soto.

IIAT, Carrera Química Industrial, Facultad Técnica - UMSA

E-mail: aereynaga@outlook.com

Resumen

Se estudiaron 13 eco tipos de quinua real (Toledo, Pandela, Pisankalla, Negra, Rosa Blanca, Chillpi Real, Mock'o, Achachino, K'ellu, Utusaya, Ajara (quinua silvestre) y Real Blanca provenientes de comunidades del Altiplano Sur; Asimismo se evaluaron y compararon sus cualidades físico-químicas de estos con tres variedades mejoradas (Aynoq'a, Surumi, Blanquita) provenientes del Altiplano Norte.

Con los resultados de esta investigación se busca mayores posibilidades de uso en la agroindustria de los ecotipos y variedades de quinua real estudiados, en este compendio de información técnica actualizada de estos granos se realizaron: valoraciones físicas de calidad de la materia prima, determinación de las características físicas de los granos, análisis bromatológicos para determinar las variaciones de sus nutrientes como las proteínas, aminoácidos, ácidos grasos, vitaminas, carbohidratos, la distribución de los nutrientes en el grano de quinua en los diferentes ecotipos y variedades de quinua estudiados. Se determinaron las propiedades funcionales como el tamaño del gránulo de almidón, contenido de almidón, contenido de amilasa; También se muestra de los resultados de diferentes datos técnicos de las diferentes pruebas de las aplicaciones agroindustriales de la quinua.

Palabras claves: Caracterización; nutrición; agroindustria; exportación.

Introducción

La zona andina comprende uno de los ocho mayores centros de domesticación de plantas cultivadas del mundo; entre ellas se encuentra la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), es el sustento principal desde los primeros pobladores andinos hasta los agricultores actuales del Altiplano Centro, Norte y Sur de Bolivia (Tapia, 2000).

El cultivo de la quinua real se remonta a épocas prehispánicas donde las culturas existentes le daban múltiples usos a los diferentes ecotipos y variedades como: la medicina y forraje para el ganado, pero principalmente en sus diversas formas de su alimentación, en la actualidad sigue siendo el alimento básico de muchos pueblos (Tapia, 1979).

La quinua es una planta andina y se cultiva en los países de Ecuador, Perú y Bolivia; encontrándose la mayor diversidad en los departamentos de Potosí, Oruro y parte de La Paz, además de los valles interandinos y en los Intersalares existentes al sur de nuestro país, con características propias y peculiares del cultivo, uso y transformación (Cáceres, 1993).

Actualmente se le está dando gran importancia en la alimentación humana por su alto valor nutritivo. Desde el punto de vista nutricional y alimentario, la quinua es la fuente natural de proteína vegetal y de alto valor nutritivo por la combinación de una mayor proporción de aminoácidos esenciales, vitaminas, además de elevado contenido de minerales (PROINPA, 2004).

Su potencial es muy grande por sus cualidades nutricionales, que alimentan y curan a la vez. Por la creciente demanda que tiene en los mercados internacionales.

Bolivia cuenta con más de 3000 accesiones de quinua, de las cuales en este trabajo se estudian 13 ecotipos del Altiplano Sur y 3 variedades del Altiplano Norte. Debido a que no se dispone de información científica técnica de las cualidades físico-químicas, biológica y nutricional; que permitan aprovechar sus cualidades de composición para su aplicación tecnológica agroindustrial de cada ecotipos y variedad por la industria nacional es que se llevó a cabo esta investigación con la cooperación de la Organización Sueca ASDI/Sarec – UMSA, Fundación PROINPA y la Fundación AUTAPO.

Justificación

El cultivo de la quinua real se remonta desde la cultura Inca y otros como los Aymaras le daban múltiples usos a los diferentes ecotipo y variedades del grano como: la medicina, forraje para el ganado, pero principalmente en sus diferentes formas de su alimentación. En la actualidad sigue siendo el alimento básico de muchos pueblos. Se constituye en la principal fuente de ingresos económicos para los habitantes de esta zona y del país.

La quinua real es actualmente uno de los cultivos andinos de más importancia y demanda a nivel mundial, su producción y transformación masiva se ve fuertemente afectada por una serie de factores, entre los que se destaca:

Falta de información científica técnica de las cualidades físico químico, biológico, nutricional de los ecotipos más producidos en el Altiplano Sur de Bolivia. La escasa información de sus propiedades funcionales como: tamaño de granulo de almidón, contenido de amilosa, contenido de fibra, contenido de proteína, etc. para su aprovechamiento en la industrialización, a objeto de darle mayor valor agregado aprovechando sus cualidades agroindustriales de las variedades y ecotipos del presente estudio.

Toda la quinua real beneficiada de exportación proveniente del Altiplano Sur de Bolivia, se basa principalmente en granos grandes de color blanco. Esta gran demanda internacional de granos blancos y grandes, está provocando la perdida de la diversidad. De la misma forma la industria que transforma y elabora productos terminados de quinua o a base de este grano, no elabora ni procesa haciendo uso de sus cualidades que tienen los diferentes ecotipos, variedades de quinua, todos estos factores provocan la pérdida de esta diversidad de ecotipos que se cultivaban en esta región, por los más comerciales.

Material vegetal

Para el presente estudio se adquirió 2 quintales de quinua por ecotipo y variedad, para esto se recurrió a apoyo técnico de la Fundación PROINPA. En un recorrido por las comunidades del Altiplano Sur se realizó la compra de 13 ecotipos, los restantes 3 variedades mejoradas de la misma forma del Municipio de Viacha Altiplano Norte.

Ecotipo de quinua real (Altiplano Sur)

Las muestras de quinua como: Toledo, Pandela, Rosa blanca, Pisankalla, Quinua negra, Ajara, Achachino, K'ellu y Utusaya provienen de lugares tradicionales de producción de quinua como Salinas Garci Mendoza, los ecotipos *Toledo, Real blanca de lugares con menor tradición en la producción de quinua, las comunidades Scara en el Municipio de Uyuni. Todas las muestras de quinua real provienen del intersalar (terrenos salinos) Cuadro 1.

Cuadro 1.
Ecotipo de quinua real (Altiplano Sur)

Nº	Departamento	Provincia	Municipio	Comunidad	Ecotipo	Color del grano después del beneficiado
1	Oruro	Ladislao Cabrera	Salinas de Garci Mendoza	Jirira	*Toledo	blanco
2				Jirira	Pandela	blanco
3				Jirira	Rosa Blanca	blanco
4				Jirira	Pisankalla	oscuro
5				Jirira	Quinua Negra	oscuro
6				Salinas	Ajara (Quinua Silvestre)	oscuro
7				Pitca	Achachino	blanca
8				Pitca	K'ellu	Blanca
9				Pitca	Utusaya	blanca
10	Potosí	Daniel Campos	Llica	Llica	Chillpi Rosada	blanca translucido
11				Palaya	Mock´o	Blanca
12		Antonio Quijarro	Uyuni	Scara	Real Blanca	Blanca
13		Nor Lípez	San Pedro de Quemes	S. Pedro de Quemes	*Toledo	Blanco

* Mismo ecotipo de procedencia diferente

Variedades comerciales (Altiplano Norte)

En el Departamento de La Paz, provincia Ingavi, municipio de Viacha, comunidad Jalsuri las variedades mejoradas: Aynoqa, Blanquita, Surumi, Cuadro 2.

Cuadro 2.
Variedades comerciales de quinua real (Altiplano Norte).

Nº	Departamento	Provincia	Municipio	Comunidad	Variedad	Color del grano después del beneficiado
1	La Paz	Ingavi	Viacha	Jalsuri	Aynoqa	Oscuro
2					Blanquita	Blanco
3					Surumi	Blanco

Estudios físicos de los granos de quinua real

- Clasificación de los granos de quinua real estudiados.
- Tamaño del grano.
- Espesor y diámetro de los granos de quinua estudiados.
- Determinación del peso Hectolítrico en los granos de quinua.
- Conteo de los granos de la quinua real estudiados.
- Determinación del color de los granos de quinua estudiados según la norma (NB-3120003).
- Determinación del contenido de saponina de los ecotipos y variedades estudiados después del beneficiado.
- Formas del grano

Cuantificación de los macronutrientes

- Determinación de materia grasa, proteínas, cenizas, fibra cruda, cenizas, almidón.
- Contenido de vitaminas en los ecotipos y variedades de quinua real estudiados.
- Contenido de minerales en los ecotipos y variedades de quinua real estudiados.
- Análisis de los ácidos grasos en los ecotipos y variedades de quinua real estudiados.
- Perfil de aminoácidos en los ecotipos y variedades de quinua real beneficiada.
- Determinación de proteína y materia grasa en el germen y perispermo del grano de quinua real.
- Distribución de proteína y materia grasa en los grano de quinua real beneficiada estudiados.

Cuadro 3.
Comparación de las variación de algunos nutrientes en el ecotipo Toledo de diferente procedencia.

Ecotipo	Toledo	*Toledo
Procedencia	**Salinas de Garci Mendoza**	**San Pedro de Quemes**
Materia Grasa	16% menos	16% más
Proteína	6% menos	6% más
Ceniza	7% menos	7% más
Fibra cruda	5% más	5% menos
Hidratos de carbono	4% más	4% menos

Fuente: Elaboración propia 2008

Propiedades funcionales

De los ecotipos y variedades de quinua estudiados en esta investigación, se determinaron sus propiedades funcionales más importantes como ser:

- Tamaño de granulo de almidón.
- Contenido de Almidón.
- Contenido de Amilasa.
- Contenido de Azucares invertidos.
- Índice de Absorción de agua.

Evaluación de sus cualidades agroindustriales

Harinas

Podemos concluir, el contenido de fibra cruda en los granos de quinua es preponderante para tener un mayor rendimiento harinero.

Los ecotipos de quinua real provenientes del Altiplano Sur tienen un 1.2% más de rendimiento harinero con relación a las variedades de quinua real del Altiplano Norte. Este resultado puede relacionarse con los valores más altos del peso Hectolítrico determinados para los granos de quinua real del Altiplano Sur.

Panificación

Podemos concluir, para la elaboración de panes fortificados con quinua se debe considerar el rendimiento harinero, la granulometría de la harina, el contenido de fibra cruda. Se determinó la relación más óptima de 19 % de quinua y 81% Harina Blanca, para una harina malla Nº 45.

Pastas

Podemos concluir que la mezcla ideal es de 21 % de harina de arroz (malla 45) con 79% de harina de quinua (malla 45); además el contenido de amilosa influye en la estabilidad de la estructura de la pasta de quinua.

Expandidos de quinua (pipocas)

Los ecotipos y variedades con menor tamaño de gránulo de almidón, se tienen mejores rendimientos de expandido del grano. En el caso del ecotipo Ajara se observa un escaso expandido debido a su pericarpio grueso que interfiere en el expandido.

Los ecotipos y variedades con mayor tamaño de gránulo de almidón no se tienen buenos resultados de expandido.

El tamaño del grano de quinua es importante para obtener mejores resultados en el expandido, esto se puede observar en la variedad Blanquita con granos de menor tamaño, en el expandido también tienen un menor tamaño.

Preparado instantáneo de quinua

De los resultados observamos, el incremento del tamaño del extruido no tiene relación con el tamaño del gránulo de almidón, debido al objetivo especifico de obtener extruido para la preparación del cereal instantáneo y las limitaciones de esta investigación en este proceso no realizan más pruebas experimentales par determinar la influencia de la proteína, materia grasa, almidón u otros en el proceso, el incremento de tamaño después del proceso de extruido.

Conclusiones

- Para usar como espesantes, estabilizantes, adhesivos y alimentos fluidos fríos, los ecotipos, variedades con bajo contenido de amilosa y alto contenido de amilopectina, con menor contenido de fibra, los almidones con un menor tamaño de granulo de almidón tienden a hidratarse con mayor facilidad.
- Para postres y salsas instantáneas, viscosas (líquidos espesos), calientes, los más recomendables para esto son los ecotipos, variedades de alto contenido de amilasa.
- En panificación son más recomendables aquellos que tienen mayor peso hectolítrico, menor contenido de fibra y mayor contenido de azucares invertidos (la cantidad de azúcar invertido expresa la cantidad de azúcar que inicia la fermentación por el desdoblamiento o inversión, vale decir el parámetro para determinar la calidad de carbohidratos).
- Podemos concluir, el contenido de materia grasa, proteínas, fibra cruda está más en función de las características fenotípicas de cada ecotipo o variedad de quinua.

- De los resultados obtenidos se observa un 9% más de cenizas en las variedades de quinua provenientes del Altiplano Norte. Estos podría deberse a la mayor variabilidad y disponibilidad de minerales y sales en el suelo. Estos valores altos de cenizas se confirman con los datos obtenidos del análisis de minerales.
- El contenido de fibra cruda en los ecotipos y variedades de granos oscuros como: Pisankalla, Quinua Negra, Ajara, es mayor desde un 30% al 60% más con relación a los granos blancos.
- El ecotipo Toledo que proveniente de diferentes lugares se observa, una variación del contenido de materia grasa, proteínas, cenizas, fibra cruda y hidratos de carbono, así para el ecotipo Toledo, cultivado en la región de Salinas de Garci Mendoza se tiene un 16% menos de materia grasa, 6% menos de proteínas, 7% menos de ceniza, 5% menos de fibra cruda y un 4% más de hidratos de carbono, con relación al mismo ecotipo *Toledo proveniente de San Pedro de Quemes. Esta variación podría deberse a la menor disponibilidad de nutrientes en el suelo, por el intenso cultivo de este grano en esta zona tradicional de producción de quinua como es Salinas de Garci Mendoza.
- Para el ecotipo Quinua Negra y la variedad Surumi se observan mayores y mejores valores de aminoácidos con relación los demás ecotipos y variedades estudiados.
- Las características físicas del grano de quinua como tamaño, diámetro, peso, color, etc., dependen de la zona de procedencia además de las practicas agronómicas y del manejo de poscosecha como el trillado, donde es importante mejorar la técnica del trillado para mejorar el rendimiento de granos enteros y sanos, así También es necesario mejorar el manejo de almacenamiento para evitar la presencia de heces de roedores y otros en los granos de quinua.
- Los granos de color del Altiplano Sur, tienen un 25 % más de granos medianos.
- Los granos provenientes del Altiplano Sur tienen un 9% más de espesor y son más pesados con relación a los granos del Altiplano Norte.
- El valor del peso Hectolitrico de los granos del Altiplano Sur son en 8 % más pesados, de la misma forma la densidad aparente es 7.3% más densos. Por último el peso promedio de cada grano de quinua proveniente del Altiplano Sur es más pesado en un 10% más.
- La diversificación de productos elaborados de quinua o el uso de estos, depende en gran medida del conocimiento que se disponga sobre sus principales componentes químicos,características físicas, nutricionales y propiedades funcionales de los ecotipos y variedades de quinua para orientar sus posibilidades de uso y aplicaciones.

Referencias citadas

Apaza Quispe Rodolfo. 2006. "Evaluación comparativo del comportamiento agronómico de 10 variedades". Proyecto de grado. Facultad de Agronomía UMSA. La Paz-Bolivia.

Ayala G., 2000. "Poscosecha y comercialización de la quinua. Información recopilada por la Fundación PROINPA", La Paz-Bolivia, Cáp. 5, Pág. 408.

Bacigalupo A. y Tapia Mario, 2000. "Tecnologías para la preparación de alimentos. Cultivos Andinos Sub explotados y su aporte a la alimentación", Santiago de Chile, Cáp. 5.

Baltes, Werner. 2007. Química de los Alimentos. Editorial ACRIBIA S.A. 5º Edición, Zaragoza, España. p.e. 240.

Biliaderis, C.G. 1992. Structures and phase trasitions of starch in food systems. Food technology. Vol 46, Nº6, pp. 98-109, 145.

Bohisnki R., 1976. "Bioquímica", Fondo Educativo Interamericano, S.A. pp 144 -146

Bonifacio Alejandro, Saravia Raúl y Mújica Sánchez Ángel. 2006. "Agroindustria de la Quinua en los Países Andinos". Puno-Perú. Pp..11-19 y 32-35.

Castor Guisande Gonzales, 2006. "Tratamiento de Datos", editorial Dias de Santos España.

Deconinck Lucas. 2007 "Sistematización de Acciones y Avances de las Agencias Ejecutoras de fondos de la Cooperación (Daneses y otros) en la Cadena de la Quinua, Embajada Real de Dinamarca, Apoyo Programático Sectorial a la Agricultura Apsa II, La Paz- Bolivia.

Desrosier N.N, 1998. "Elementos de Tecnologías de Alimentos". Editorial Continental S.A. Décima Tercera Reimpresión México Pág. 98-124.

Fundación AUTAPO. 2005. Estudio Línea Base (AUTAPO FA) 2001-2004.

Fonema, O. 1980. "Química de los Alimentos". Editorial Acriba S. A. 4° edición. Zaragoza. España.

French, D. 1984. Organization starch granules. Starch: Chemistry and Technology. Whistler R. L. , Bemiller J. N. Y Paschall E.F. Florida (Editores.): Academia Press Inc., 2ed. pp.184-247.

Gorrity Portillo Marcelo Antonio, 1999. "Estudio, Diseño, construcción de un planta piloto para la obtención de saponinas en grado comercial". Proyecto de grado. Facultad de Ingeniería UMSA. La Paz.

Hans Dieter Belitz – Werner Grosch. 1988, "Quimica de los Alimentos", editorial Acribia S.A. 2° edición Zaragoza España.

Helen Charley, 1995. "Tecnología de Alimentos", Editorial Liumsa, 3° edición, México.

Huang, D.P., Rooney, L.W. Starches for sanck foods Snak food processing. Eds. Lusas, E.W., Rooney L.W. Lancaster, Pennsylvanis. Tecnomic Publishing Company, Inc. (2001); pp. 115-130

Hwang, J. y I. Kokini. 1192. "Contribution of the Side Branches to Rheological Properties of Pectins", Carboh, Polym.: 19(1), 41-50.

IBTA (Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria) 1996. "Catalogo de Variedades Mejoradas de quinua y Recomendaciones para Producción y uso de semilla certificada". La Paz Bolivia. pp. 22-23.

Imberty, A. 1988. "The Double Helical Nature of the Crystalline Part of a-Starch", j. mol. Biol.: 201(2), 365-378.

INE. 2007 "Producción de Quinua en Bolivia". La Paz Bolivia.

Laguna, José, 1987. "Bioquímica", 2 da Edición Editorial Mexicana D.F. México. pp. 244-249; .319-333; 655-657.

Evaluación de las cualidades agroindustriales de los granos de quinua real

Arturo Reynaga; Marina Quispe; Ángel Huarachi; Isaías Calderón; José Luis Soto; María Torrez.

Carrera Química Industrial, Facultad Técnica - UMSA

Email: josesoto1@yahoo.com

Resumen

Con el propósito de evaluar las cualidades agroindustriales de 12 ecotipos de quinua real, estas fueron sometidos experimentalmente a cinco procesos agroindustriales: harinas, expandidos, extruidos, panificación, pastas y hamburguesas. Los procesos se realizaron en los laboratorios de Química Industrial de la Universidad Mayor de San Andrés La Paz-Bolivia, las instalaciones de la cooperativa Jalsuri Irpa Chico, Procesadora de cereales Andina, habiéndose estudiado parámetros peculiares y específicos para cada uno de los procesos agroindustriales. Los resultados obtenidos fueron los siguientes: Las harinas obtenidas de la molienda de granos de ecotipos de quinua real tienen buen rendimiento harinero, superior a 65%, excepto los ecotipos quinua negra y ajara porque tienen un alto contenido de fibra. Para la elaboración de pan enriquecido con harina de quinua se optimizo el porcentaje de compuestos 19% harina de quinua y 81% harina blanca de trigo, obteniéndose en pan con buenas características de textura, corteza, volumen y formación de miga. Para la elaboración de expandidos los parámetros técnicos para obtener un producto de calidad son: presión 170 lb/pelg^2, humedad 19 a 20%, tiempo de reposo 1 hora, el ecotipo "pisankalla" tiene el mayor índice de expansión. Para la elaboración de pastas gluten free las proporciones mas recomendables de mezclas en caliente a 71ºC (baño Maria) de harina de arroz y harina de quinua son: 50 y 50% asi como 25 a 75% respectivamente obteniéndose una pasta con buena consistencia después del secado y no se pegan después de la cocción. Para la elaboración de hamburguesas vegetarianas de quinua se debe considerar el contenido menor de amilosa en el grano, la granulometría de la harina para formar una mezcla pastosa y darle la forma y consistencia requerida, con la harina del ecotipo "pisankalla" que tiene 14.77% de contenido de amilosa se obtuvo hamburguesas de acuerdo a las características en cuanto a sabor, forma, consistencia, flexibilidad y color parecido a las hamburguesas de carne. En tal sentido la diversificación de productos elaborados de quinua depende en gran medida del conocimiento que se disponga sobre sus principales componentes químí-

cos, nutricionales, propiedades funcionales de los ecotipos para orientar su potencial de aplicación y uso agroindustrial.

Palabras claves: Quinua real; agroindustria; harinas; expandidos; panificación; pastas.

Introducción

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) desde el punto de vista nutricional y alimentario, es fuente natural de proteína vegetal económica de alto valor nutritivo, debido a la cantidad y calidad de sus proteínas y a la combinación adecuada de aminoácidos esenciales que contiene y que le confieren un valor biológico comparable solo con la leche, la carne y el huevo.

Hace 10 o 15 años atrás la producción de la quinua era destinada mayormente al autoconsumo del productor del altiplano y valles interandinos, en la actualidad este grano andino tiene una alta demanda especialmente a nivel internacional, estudios recientes lo muestran con amplias posibilidades y un gran potencial agro-alimentario-industrial para la elaboración de productos con alto valor agregado, sin embargo, por falta de conocimiento e información disponible la mayoría de los transformadores y consumidores no aprovechan la disponibilidad de este tipo de productos. Investigaciones reciente le confieren al grano una gran diversidad de usos agroindustriales.

El presente estudio enfoca el potencial agroindustrial de la quinua (harinas, expandidos, extruidos, panificación, pastas y hamburguesas). El objetivo de la investigación fue el siguiente: Evaluar las cualidades agroindustriales de 12 ecotipos de quinua real.

Materiales y métodos

Para el estudio se empleó como materia prima granos de 12 ecotipos de quinua real, los mismos que fueron sometidos un proceso de beneficiado (operaciones de limpieza y selección (clasificado), escarificado, lavado y secado) en la planta procesadora de cereales Andina.

La investigación comprendió la realización de diversas pruebas para la elaboración y preparación de diferentes productos procesados (harinas, expandidos, panificación, pastas, y hamburguesas) en base a los ecotipos de quinua real seleccionados para el estudio.

Para la determinación del rendimiento harinero, los granos de quinua procesada (beneficiada) fueron previamente molidos, para este propósito de emplearon dos tipos de molinos: a) molino de 12 martillos de fabricación nacional y b) molino de piedras tipo vertical. En el laboratorio se determino la granulometría (por tamaño de partícula) de la harina obtenida para ello se utilizo un juego de mallas (USA Standard Test ASTM-E11 specification).

Se efectuaron pruebas de expandidos en un "cañon expansor" conocido también como "cañón poroso" o "cañón coreano" de propiedad de la Cooperativa Jalsuri Irpa Chico

Ldta., equipo de 2 libras de capacidad de alimentación el mismo que tiene un manómetro de control de la presión de la olla. Previamente se determinaron los parámetros optimos de trabajo para humedad del grano, presión del equipo expansor. Los equipos requeridos son: tostador tipo cañon, medidor de humedad, soplete a gas, mantas para recibir las pipocas y zarandas (mallas).

Las pruebas de panificación se realizaron con harina de quinua y harina blanca de trigo a diferentes porcentajes, el procedimiento de evaluación para cada batería (bach) de pruebas se realizó bajo las mismas condiciones de un pan con 100% de harina blanca para usarlo como referencia de los aspectos controlados, asimismo para cada prueba se evaluó características del pan como: textura, corteza, volumen y formación de miga. Los equipos utilizados fueron: balanzas, mallas, mezcladora de sólidos, hornos, aditivos alimentarios.

Se realizaron pruebas para pastas, para ello se selecciono dos ecotipos de quinua real, "ecotipo pisankalla" que tiene bajo contenido de amilosa y el "ecotipo chullpi rosado" con alto contenido de amilosa, con estos materiales se realizaron mezclas en frío y caliente (baño maría) temperatura 70 a 71 ºC para probar la mezcla de los diferentes porcentajes de harinas (50% harina de quinua y 50% harina de arroz). Los equipos empleados en el proceso son: balanza, recipientes para mezcla de solidos, amazadora, cortadora y secadora estacionaria.

Para la elaboración de hamburguesas de quinua se realizaron diferentes pruebas con la finalidad de encontrar la mezcla más adecuada de ingredientes para darle las características similares al producto (sabor, consistencia, flexibilidad, color a las hamburguesas de carne), en las pruebas se uso el "ecotipo pisankalla" que tiene menor contenido de amilosa (14,77%) y así evitar el endurecimiento de las hamburguesas debido a la retrodegradación de la amilosa. Los equipos necesarios son: balanza, recipiente para mezclas, olla a presión, aditivos alimentarios entre otros.

Resultados

A continuación se muestran los resultados del potencial de las cualidades agroindustriales para cada uno de los productos procesados de doce ecotipos de quinua real.

Obtención de harina de quinua

La harina de quinua se obtiene a través de la trituración de los granos y se denomina molienda y esta puede ser artesanal o industrial. La harina de quinua obtenida en un molino de piedras tiene mejores características granulométricas en cuanto a tamaño de partículas finas en comparación a lo obtenido en el molino de martillo, pero la temperatura alcanzada por la fricción de las piedras del molino se incrementa a más de 50ºC constituyéndose un riesgo para la perdida de nutrientes durante el proceso de molienda. En el molino de martillo la temperatura alcanzada fue de 40ºC, pero para conseguir una mayor proporción porcentual en cuanto al tamaño de partículas finas

de la harina procesada a sido necesario moler el producto dos veces, el resultado del análisis granulométrico mejoro considerablemente en relación a la harina obtenida en el molino de piedra con una sola pasada. En el Cuadro 1 se muestran los resultados comparativos del proceso.

Cuadro 1.

Comparación del análisis granulométrico de harina de ecotipos de quinua real, tamaño de partículas expresado en porcentajes.

Tamaño partículas (micrones)	Molino de martillo		Molino de piedra
	Molido una vez	Molido dos veces	Molido una vez
425	10,2	1,0	0,8
355	25,0	15,0	20,0
150	20,9	10,0	11,4
106	13,4	12,0	15,0
75	9,8	22,0	12,0
Finos	20,7	40,0	40,8
Totales	100	100	100

Fuente: Reynaga, A., *et al*. 2011. Análisis realizado en el laboratorio de Quinua Industrial, UMSA.

En el Cuadro 2 se muestran los resultados del rendimiento harinero de los 12 ecotipos de quinua real, resultado de la molienda (dos veces en el molino de martillos), el producto final fue sometido a la operación de tamizado en una malla Nº 45, para separar el salvado (el pericarpio, las cubiertas de la semilla, y la capa de aleurona), granos enteros, granos partidos y otras partículas que no se pudieron moler en la operación.

El rendimiento harinero de los ecotipos analizados oscila entre 53,83 y 68,78% (Cuadro 2), estos valores se hallan en los parámetros encontrados por Pacosillo y Alcocer (2002), quienes mencionan que existen una variación considerable del rendimiento harinero entre variedades de quinua desde 41 hasta 80% según el tipo de molino empleado (artesanal-industrial). El rendimiento harinero de quinua perlada, considerada como harina integral, varía de acuerdo a la variedad entre 77,4 (Llerena, 1973) hasta 83% (Briceño y Scarpati, 1982), citados por Mujica *et al*. (2006).

Cuadro 2.

Rendimiento harinero (%) de 12 ecotipos de quinua real.

Ecotipos	Nº de malla	Rendimiento harinero
Toledo	45	66,82
Pandela	45	65,50
Pisankalla	45	67,65
Quinua negra	**45**	**53,73**
Rosa blanca	45	67,81

Chullpi rosada	45	65,22
Mock'o	45	67,36
Achachino	**45**	**68,78**
K'ellu	45	65,95
Utusaya	45	67,68
Ayara	45	53,83
Real blanca	45	65,09

Fuente: Reynaga, A., *et al*. 2011. Análisis realizado en el laboratorio de Quinua Industrial, UMSA.

Por otro lado tenemos que de los 12 ecotipos analizados, 10 tiene un rendimiento harinero por encima del 65% y solo 2 ecotipos tienen en promedio 53.8%, esto nos muestra el potencial de la quinua para la industria de la panificación.

Expandidos o insuflados de quinua (pipocas, mana)

El proceso de insuflado, se fundamenta en la vaporización explosiva del agua interna de los granos a través de un cañón expansor, en el estudio para la determinación de la presión optima se procedió a la planificación de las pruebas de expandido (Cuadro 3), considerando los siguientes parámetros: presión de 145 a 180 lb/pulg^2, humedad del grano 19%, tiempo de reposo 30 minutos.

Cuadro 3.
Determinación de la presión óptima a humedad constante para insuflados de granos de quinua real.

Prueba	Humedad grano (%)	Presión en la olla de expandido (lb/pulg2)	Peso hectolitrico del		Diferencia de peso hectolitro	Aspecto del expandido
			grano (Kg/HLi)	expandido (Kg/HLi)		
1	19	145	73,9	71,8	2,1	Malo
2	19	150	73,9	71,7	2,2	Regular
3	19	160	73,9	68,1	5,8	Regular
4	19	165	73,9	67,9	6,0	Bueno
5	19	170	73,9	67,5	6,4	Muy Bueno
6	19	175	73,9	67,9	6,0	Malo
7	29	180	73,9	69,0	4,9	Malo

Fuente: Reynaga, A., *et al*. 2011. Análisis realizado en el laboratorio de Quinua Industrial, UMSA

Observando los valores del Cuadro 3, la prueba cinco nos muestra el parámetro óptimo de presión el que debe alcanzar la olla de expansión es 170 lb/pelg^2, acondicionado a una humedad del grano de 19% con lo que se obtiene una pipoca cuyo aspecto de expandido es considerado muy bueno. Además se puede observar mejor estos resultados en función del peso hectolítrico a diferentes pruebas planificadas. En relación a estos parámetro Alcocer (2009) recomienda que los granos de quinua antes de someterse al proceso de insuflado deben contener una humedad de 15%, con un tiempo mínimo

de 5 horas de reposo, para el calentamiento en el cañón ya con la carga y herméticamente cerrado marque una presión 165 lb/pulg. Experimentalmente Chura (2003) y Talavera (2003) citados por Mujica *et al*. (2006) demuestran que 14 y 16% de humedad registran los mejores resultados en capacidad y volumen de expansión, con presiones de 165 lb/pulg^2.

Para conocer que ecotipo tiene mejor comportamiento en el proceso de insuflado y alcanza mayor índice de expansión del grano se hizo las respectivas pruebas considerando el tamaño de almidón del material en estudio. En el Cuadro 4 se muestra la comparación del incremento de tamaño de grano después del expandido.

Cuadro 4.
Comparación del incremento del tamaño después del expandido por ecotipo de quinua real.

Ecopito	Granulo de almidón (micras)	Diámetro externo promedio		Indice de expansión	Rendimiento (%)
		grano (mm)	expandido (mm)		
Toledo	3,15	2,69	5,11	1,90	72,94
Pandela	1,15	2,59	4,74	1,83	75,24
Pisankalla	0,95	2,60	5,07	1,95	73,20
Quinua negra	1,62	2,32	3,99	1,72	74,55
Rosa blanca	2,11	2,63	5,00	1,90	72,57
Chullpi rosada	9,56	2,54	4,19	1,65	67,33
Mock'o	2,65	2,59	5,05	1,95	74,44
Achachino	1,25	2,69	5,06	1,88	78,47
K'ella	1,80	2,65	4,93	1,86	73,88
Utasaya	2,56	2,50	4,48	1,79	75,21
Ayara	1,60	2,09	3,36	1,61	45,50
Real blanca	1,27	2,52	4,21	1,67	73,53

Fuente: Reynaga, A., *et al*. 2011. Análisis realizado en el laboratorio de Quinua Industrial, UMSA.

Según los resultados que se muestran en el Cuadro 4, los ecotipos pisankalla y mok'o son los que muestran valores altos para el índice de expansión del grano (1,95), al respecto del tamaño de granulo de almidón, Rojas *et al*. (2010) estudiaron las características del valor nutritivo agroindustrial de 555 accesiones de quinua y sostienen que la variación genética del tamaño de granulo de almidón fluctuó entre 1 a 28 micras, permitiendo esta variable dar una orientación agroindustrial. Asimismo refieren a que cuando el granulo de almidón es pequeño, es fácil de insuflar porque los espacios de granulo a granulo permiten introducir mayor cantidad de aire para el intercambio y formación de burbujas de aire (Rojas *et al*., 2007, Alcocer E. *et al.*, 2004).

Los gránulos de almidón de diferentes especies tienen, cada uno un tamaño y forma característica (Repo-Carrasco, 1998), los de la quinua tienen un diámetro de 2 micrones, siendo mas pequeños que de los granos comunes. DeBRUIN (1964) indica que el tamaño del granulo de almidón de la quinua oscila entre 0,9 a 2 micras.

Panificación

En el Cuadro 5 se muestra la comparación de los porcentajes empleados en las diferentes pruebas realizadas para el proceso de panificación utilizando harina de quinua y harina blanca de trigo.

De las nueve pruebas realizadas a diferentes mezclas porcentuales de harina de quinua y harina blanca la relación óptima es a la proporción 19% de harina de quinua y 81% harina blanca de trigo obteniéndose un pan con muy buena textura, una corteza uniforme y delgada además la formación de miga es uniforme y tiene medianos alvéolos (Cuadro 5), asimismo para la elaboración de panes fortificados con harina de quinua se debe considerar el rendimiento harinero, la granulometría de la harina y el contenido de fibra cruda de la materia prima a emplear (ecotipo de quinua).

Cuadro 5.
Comparación de combinaciones para el proceso de panificación según variables evaluadas del pan.

Prueba	Harina blanca (%)	Harina de quinua (%)	Características del producto pan			Formación de miga
			Textura	Corteza	Volumen	
1	100	0	Muy buena	Uniforme y delgado	Muy bueno	Uniformes y grandes alvéolos
2	87	13	Buena	Uniforme y delgado	Muy bueno	Uniformes y grandes alvéolos
3	84	16	Muy buena	Uniforme y delgado	Muy bueno	Uniformes y grandes alvéolos
4	83	17	Muy buena	Uniforme y delgado	Muy bueno	Uniformes y grandes alvéolos
5	82	18	Muy buena	Uniforme y delgado	Muy bueno	Uniformes y grandes alvéolos
6	81	19	Muy buena	Uniforme y delgado	Muy bueno	Uniformes y grandes alvéolos
7	80	20	Buena	Uniforme y delgado	Regular	Uniformes y medianos alvéolos
8	79	21	Regular	Uniforme y delgado	Poco	Uniformes y pequeños alvéolos
9	73	27	Regular	Uniforme y delgado	Muy poco	Uniformes y pequeños alvéolos

Fuente: Reynaga, A., *et al*. 2011. Análisis realizado en el laboratorio de Quinua Industrial, UMSA.

Entre otras variables a considerar en la obtención un pan enriquecido con harina de quinua se debe considera el periodo de fermentación de la masa (1 hora) la cocción a una temperatura de 210 ºC por el lapso de 38 minutos para panes redondos, y para panes tipo moldes la fermentación de la masa es por un lapso de 45 minutos, cocción a 170ºC durante una hora.

Pastas gluten free de quinua

Se experimento cuatro pruebas, para ello se utilizó harina del ecotipo "pisankalla" por su bajo contenido de amilosa y ecotipo "chillpi rosada" por su alto contenido de amilasa, se realizaron mezclas en frío de 50% de harina de quinua y 50% harina de arroz (cernidos previamente en una malla Nº 45), el resultado fue la obtención de una pasta quebradiza.

Luego se hizo una mezcla en caliente (baño María) a una temperatura de 71ºC a las mismas proporciones de harina de quinua y arroz, observándose un cambio de color a más oscuro pero el resultado de la pasta fue más estable y menos quebradiza especialmente con el ecotipo "pisankalla" que muestra mejores resultados en este proceso.

En el Cuadro 6 se muestra los resultados de las pruebas referidos a la consistencia de las pastan después del secado, la cocción y también los valores porcentuales probados para la obtención de pasta en base a harinas de quinua y arroz

Cuadro 6.
Comparación de diferentes combinaciones para el procesamiento de pastas.

Prueba	Harina		Consistencia después del secado	Consistencia después de la cocción
	Arroz (%)	Quinua (%)		
1	100	0	Buena	No se pega, buena consistencia
2	0	100	Quebradiza	Se pegan, quebradizo
3	50	50	Buena	No se pega, buena consistencia
4	25	75	Buena	No se pega, buena consistencia
5	20	80	Quebradiza	No se pega, mala consistencia
6	15	85	Quebradiza	Se pegan, quebradizo
7	10	90	Quebradiza	Se pegan, quebradizo
8	5	85	Quebradiza	Se pegan, quebradizo

Fuente: Reynaga, A., *et al*. 2011. Análisis realizado en el laboratorio de Quinua Industrial, UMSA

Tal como podemos observar los datos del Cuadro 6, las pruebas 3 y 4 fueron con las que mejores resultados se obtuvieron las pastas usando harina del ecotipo pisankalla realizando las mezclas en caliente (baño Maria) a las proporciones mostradas, las mismas que presentan productos de buena consistencia después del secado, las mismas que no se pegan u tienen buena consistencia después de la cocción. La importancia en la elaboración de pastas sin gluten radica en que estos alimentos están dirigidos a un nicho de mercado selecto, para personas que tienen intolerancia al gluten, más conocida como enfermedad celiaca.

Hamburguesas vegetarianas

Para la elaboración de hamburguesas vegetarianas de quinua se tomaron en cuenta los siguientes aspectos de la materia prima: contenido menor de amilosa en el grano, la granulometría de la harina para formar una mezcla pastosa y darle la forma y consistencia requerida al producto final. En el Cuadro 7 se muestran las proporciones expresado en gramos de los ingredientes empleados.

Cuadro 7.
Combinaciones de ingredientes para la elaboración de hamburguesa vegetariana de quinua.

Prueba	Cantidad del ingrediente					Sabor	Consistencia
	Quinua (gr)	Huevos (unid)	Cebolla (gr)	Pimiento (gr)	Harina de quinua (%)		
1	150	0	80	0	85	Desagradable	Muy buena
2	150	1	60	10	65	Harina	Buena
3	150	2	40	18	50	Agradable	Buena
4	150	3	20	28	40	Agradable	regular

Fuente: Reynaga, A., *et al*. 2011. Análisis realizado en el laboratorio de Quinua Industrial, UMSA.

Utilizando la harina del ecotipo "pisankalla" que tiene 14.77% de contenido de amilosa, se obtuvo las mejores hamburguesas de acuerdo a las características en cuanto a sabor, forma, consistencia, flexibilidad y color parecido a las hamburguesas de carne, empleando harina de ecotipos con alto contenido de amilosa "chullpi rosada" la hamburguesa adquiere una estructura rígida y dura parecida a cartón.

Conclusiones

- La diversificación de productos elaborados de quinua o el uso de estos, depende en gran medida del conocimiento que se disponga sobre sus principales componentes quimicos, nutricionales, propiedades funcionales de los ecotipos para orientar su potencial de aplicación y uso agroindustrial.
- Las harinas obtenidas de la molienda de granos de ecotipos de quinua real tienen buen rendimiento harinero, excepto los ecotipos quinua negra y ajara porque tienen un alto contenido de fibra que influye considerablemente en la variable rendimiento harinero.
- Para la elaboración de pan enriquecido con harina de quinua se optimizo el porcentaje de harinas compuestas: 19% harina de quinua y 81% harina blanca de trigo, obteniendose en pan con buenas caracteristicas de textura, corteza, volumen y formación de miga.
- La elaboración de expandidos las condiciones óptimas para obtener un expandido de calidad son: presión 170 lb/pelg2, humedad 19 a 20%, tiempo de reposo 1 hora, el ecotipo "pisankalla" tiene el mayor índice de expansión.
- Para la elaboración de pastas gluten free las proporciones más recomendables de mezclas en caliente a 71ºC (baño Maria) de harina de arroz y harina de quinua son 50 y 50% asi como 25 a 75% respectivamente obteniéndose una pasta con buena consistencia después del secado y no se pegan después de la cocción.
- Para la elaboración de hamburguesas vegetarianas de quinua se debe considerar el contenido menor de amilosa en el grano, la granulometría de la harina para formar una mezcla pastosa y darle la forma y consistencia requerida, con la harina del ecotipo "pisankalla" que tiene 14.77% de contenido de amilosa se obtuvo

hamburguesas de acuerdo a las características en cuanto a sabor, forma, consistencia, flexibilidad y color parecido a las hamburguesas de carne.

Referencias citadas

Alcocer E. Soto J.L., Pinto M. 2004. Pruebas de aptitudes culinárias con variedades promisorias de quinua y cañihua. En: Informe Técnico Anual 2003-2004 (Año 3) Componente Bolivia. Proyecto "Elevar la contribución que hacen las especies olvidadas y subutilizadas a la seguridad alimentaría y a los ingresos de la población de escasos recursos". IFGRI-IFAD, Fundación PROINPA. La Paz, Bolivia.

Alcocer, E. 2009. Procesos Agroindustriales para 10 productos de quinua. Programa Complejo Productivo Altiplano Sur. Fundación AUTAPO. Oruro, Bolivia.

Alcocer, E. 2010. Tecnologías de procesamiento agroindustrial de los granos andinos. En: Rojas W, Soto JL, Pinto M, Jäguer M, Padulosi E. (editores). 2010. Granos Andinos. Avances, logros y experiencias en quinua, cañahua y amaranto en Bolivia. Bioversity Internacional. Roma, Italia.

Bacigalupo, A., Tapia, M. 2000. Tecnología para la preparación de alimentos. Cultivos Andinos subexplotados y su aporte a la alimentación. Santiago de Chile.

Fonema, O. 1980. Química de los alimentos. Editorial Acriba S.A. 4ta edicion. Zaragoza, España.

Kill, R.C. – K. Turnbull. 2004. Tecnología de la elaboración de pasta de sémola. Editorial Acricio S.A. Zaragoza, España.

Mujica, A., Ortiz, R., Bonifacio, A., Saravia, R., Corredor, G., Romero, A. 2006. Informe final Proyecto Quinua: Cultivo Multiproposito para los países andinos. PNUD-PROY/INT/01/K01 – PERU – BOLIVIA – COLOMBIA. Lima Perú.

Pacosillo V., Alcocer E. 2002. Desarrollar criterios para encontrar estándares de procesamiento de molienda de cañahua y quinua. En: Informe Técnico anual 2001-2002. Componente Bolivia. Fundación PROINPA, Proyecto IFAD-NUS I. La Paz, Bolivia

Pearson. 2002. Técnicas de laboratorio para análisis de alimentos. Zaragoza, España.

Repo-Carrasco. 1998. Introducción a la ciencia y tecnología de cereales y de granos andinos. Lima, Perú.

Rojas W., Pinto M., Soto J.L. y Alcocer, E. 2010. Valor nutricional, agroindustrial y funcional de los granos andinos. En: Rojas W, Soto JL, Pinto M, Jäguer M, Padulosi E. (editores). 2010. Granos Andinos. Avances, logros y experiencias en quinua, cañahua y amaranto en Bolivia. Bioversity Internacional. Roma, Italia.

Romero, A., A. Bacigalupo y r. Brezan. 1985. Efecto de la extrusión en las características funcionales y la calidad proteica de quinua. Capitulo 5. Archivos Latioamericanos de Nutrición, Santiago de Chile.

Reynaga A., M. Quispe, A Huarachi, I. Calderon, J.L. Soto, M. Torrez. 2011. Caracterización físicoquímica de ecotipos de quinua real (Chenopodium quinoa Willd.) del altiplano sur de Bolivia con fines agroindustriales. Convenio UMSA, Facultad Técnica, carrera Química Industrial – Cooperación Sueca ASDI/SAREC. La Paz, Bolivia.

Varavinit, S. S. Shofsngob, W. Varanyanood, P. Chinachati y O. Naivikud. 2003 E. Amylose contento in gelatinization, retrogradation and pasting of flour from different cultivars of the rice. Starc.

Fermentación acido láctica del extracto de quinua

Juan Conde[1]; Eduard Barberá[2].

[1]Universidad Técnica de Oruro.

[2]IQS - Universidad Ramón Llull.

E-mail: jcondejdk@yahoo.es

Resumen

En el presente trabajo se ha utilizado grano de quinua sin saponina, habiéndose estudiado diversas variables de proceso para la elaboración de un extracto.

Así mismo, se ha intentado la obtención por fermentación acido láctica de un producto similar al yogur a partir del extracto de quinua, observándose la gelatinización del mismo por efecto de la elevada concentración de almidón.

Se ha trabajado en el proceso de germinación con el fin de disminuir la cantidad de almidón y disponer de una mayor concentración de glucosa para llevar a cabo la fermentación ácido láctica.

Palabras claves: Quinua; acido láctico; germinación.

Introducción

La quinua procedente del altiplano es llamado el "grano de oro" de los Andes, por su alto valor nutritivo, siendo considerado como un alimento del pasado para el futuro, constituyéndose en uno de los principales cultivos que proporciona alimentos sumamente nutritivos. Su nombre científico es *Chenopodium quinoa* Willd.

Las culturas quechua y aymara del altiplano boliviano, basadas en una tecnología ancestral, manejan y usan la biodiversidad alimentaria de subsistencia y en menor grado para su seguridad económica.

La FAO ha declarado que la quinua contiene el balance de proteínas y nutrientes más cercano al ideal de alimento para el ser humano, por su composición en aminoácidos, ácidos grasos y minerales. Además, el grano de quinua es libre de gluten por lo que puede ser consumida por personas celiacas.

El grano de quinua es transformado en una variedad de productos que ya existen en el mercado, entre los que aparecen: la quinua procesada, harina, pipocas, extrusados, turrones, manjar con quinua, pan con quinua, etc.

La biotecnología puede contribuir a desarrollar nuevos productos con el propósito de dar valor agregado, diversificar productos, mejorar la producción y la calidad de estos productos.

Los productos elaborados mediante la fermentación láctica son altamente nutritivos, beneficiosos y fácilmente asimilables por el organismo humano, dado que el producto final permite una mejor absorción de los minerales, favorece el buen funcionamiento del intestino protege la flora intestinal, ayuda a controlar los efectos secundarios de los antibióticos y mejora las defensas.

De lo expuesto y dentro de marco de elaboración de alimentos por fermentación, destinado para consumo humano, se plantea el siguiente objetivo: Estudiar la viabilidad de los microrganismos de la fermentación acido láctica a un extracto de quinua.

Materiales y métodos

Para el proceso experimental se utilizó la quinua en grano procesada (quinua boliviana, Ref. BIOCOP 500 g/bolsa), grano de quinua escarificado, lavado, secado, clasificado y envasado.

Para la fermentación acido láctica se utiliza como inoculo yogur natural (Danone®) que tiene un contenido de 13,17 % de extracto seco.

Fermentación láctica del extracto de quinua

Al extracto de quinua se adiciona el inoculo (yogur natural) a una temperatura constante que se logra con una parrilla de calentamiento, donde se desarrollan las bacterias ácidolácticas. Para tener una concentración uniforme en el proceso de fermentación se agita con una barra magnética en baño maría, de donde se realiza la toma de muestras para la medición de pH y acidez.

Cuantificación de bacterias ácidolácticas

Se aplica la metodología utilizada por Moreno, Y., *et al* 2000, para la cuantificación de *Lactobacillus delbrueckii subsp bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*.

La metodología utiliza 10 mL de muestra, se diluyen en 90 mL de una solución de agua peptona tamponada (16,1 g en 1 L de agua destilada), posteriormente se realizaron las diluciones correspondientes, de las cuales se inoculó 1mL, en placas Petri estériles de 90 mm diámetro.

Cuantificación de *Lactobacillus delbrueckii subsp bulgaricus*. Se utiliza agar MRS, el cual se disuelve en agua destilada (68,2 g en 1 L de agua), posteriormente se esteriliza a 121

°C durante 20 min. A las cajas Petri que contenían la muestra se les adicionó de 15-20 mL de medio de cultivo a 45 °C, se homogenizaron las muestras, se dejaron solidificar y se aplicó una segunda capa de medio y se incubaron a 37 °C, durante 72 h, la cuantificación se realiza contando el número de unidades formadoras de colonias.

El número de células UFC/mL se calcula con la siguiente formula:

$$UFC/mL = Recuento \times \frac{1}{factor\ de\ dilución}$$

Cuantificación de *Streptococcus thermophilus*. Se utiliza agar M17, el cual se disuelve en agua destilada, posteriormente se esteriliza a 121 °C durante 20 min. A las cajas que contenían la muestra se les adicionó de 15-20 mL, de medio de cultivo a 45 °C, se homogenizan las muestras, se aplicó una segunda capa de medio y se incuban a 37 °C, durante 72 h, la cuantificación se realizó contando el número de unidades formadoras de colonias. El número de células UFC/mL se calcula con la formula anterior.

Medición de pH

Este método se basa en la medición electrométrica de la actividad de los iones hidrógeno presentes en la muestra mediante un aparato medidor de pH (potenciómetro).

La determinación del pH se realiza por lectura directa introduciendo el electrodo, previamente ajustado con soluciones tampón de pH conocido 4 y 7.

Sumergir el electrodo en la muestra de manera que quede perfectamente cubierta la membrana, hacer la medición del pH, sacar el electrodo y lavar con agua.

Determinación de acidez

Se aplica el método descrito en la norma UNE 34-100, donde un determinado volumen de leche se valora en solución de sodio hidróxido, empleando solución alcohólica de fenolftaleína y luego se expresa el resultado en peso de ácido láctico.

Se determina volumétricamente operando sobre 9 mL de leche con una solución de hidróxido sódico 0,1 N, como indicador se emplean 0,5 mL de fenolftaleína solución 1%.

Los resultados se expresan en peso de ácido láctico por 100 mL de leche, dividiendo por 10 el volumen en mL empleados de solución de sosa.

Hidrólisis del almidón

Se realiza la germinación, para la hidrólisis enzimática del almidón del grano de quinua.

Se pesa 10 g de grano de quinua, se transfiere a un vaso de precipitado donde se añade 10 mL de agua, se introduce a la estufa a 30 ºC, para la germinación.

Se realiza la primera molienda con un Minipimer por un tiempo de 15 minutos y la segunda molienda de 5 minutos con Ultraturrax, se transfiere a un matraz de 200 mL y se enrasa con agua, seguidamente se agita y se separa la parte liquida del sólido filtrando con un colador.

Se toma una parte alícuota de muestra en un tubo de ensayo, se realiza el centrifugado a 3000 r.p.m. por un tiempo de 20 min, la filtración se realiza en primera instancia con el papel filtro, seguidamente con el micro filtro.

Determinación de azúcares reductores

Se aplica el método DNS (Miller, G. L. 1959) que determina pequeñas concentraciones de azúcares reductoras presentes en la muestra.

Se basa en la reducción del grupo nitro a grupo amino del ácido 3,5 dinitrosalicílico (DNS), por el grupo aldehído de los azúcares y la aparición de una coloración amarilla proporcional a su concentración.

Se prepara NaOH 2N (16 g/200 ml) y se añade sobre 300 mL de H_2O próximos a ebullición. A continuación rápidamente se añaden 10 g de ácido 3,5-dinitrosalicílico y 300 g de sal de Rochelle. Se continúa calentando en agitación hasta que todo esté bien disuelto. Se deja enfriar y se enrasa en el matraz aforado hasta 1 litro.

Se prepara 5 soluciones de patrón glucosa en agua (0,2; 0,5; 1; 1,5; 2 g/L)

Se prepara un banco de tubos poniendo en cada uno:

- 1 mL de cada uno de los patrones.
- 1 mL de agua destilada.
- 1 mL de muestra.

A todos los tubos se le añade 1 mL de reactivo DNS, seguidamente se agitan los tubos y se tapan. Los tubos preparados se ponen en un baño maría de agua en ebullición durante 5 minutos.

A continuación se enfrían rápidamente y se añade 10 mL de agua destilada a cada uno de los tubos.

Se leen las absorbancias de las muestras a 540 nm frente al blanco (agua destilada).

Con las absorbancias de las soluciones patrón se hace una regresión lineal (concentración de glucosa frente a absorbancia a 540 nm). La regresión lineal no debe ser inferior a 0,99.

La absorbancia de las muestras se interpolan en la recta patrón, con lo que se obtiene para cada muestra un valor de azúcares reductores en mg/mL, medidos como glucosa.

Resultados y discusión

Proceso de fermentación

El proceso de fermentación se va desarrollar siguiendo las variables (pH y acidez) durante el proceso y la cuantificación de bacterias acido lácticas al inicio y al final del mismo, y se realiza con dos diferentes muestras con las siguientes características:

- **Muestra 1**: incubación a 35 ºC, fracción de inóculo 2 % del volumen extracto (12 g de quinua en 100 mL de agua), pasteurizado a 65 ºC por 30 min, los resultados se muestran en el Cuadro 1.
- **Muestra 2**: incubación a 45 ºC, fracción de inoculo 2 % del volumen del extracto (25 g de quinua en 100 mL de agua), sin pasteurizar, además se adiciona enzimas de cuajada Royal® (12 g por 500 mL), en el Cuadro 1 se muestran los resultados.

pH

La determinación del pH se realiza por lectura directa de la muestra, los resultados se tienen en el Cuadro 1.

Cuadro 1.
Datos experimentales fermentación acido láctica.

Tiempo (h)	Muestra 1	Muestra 2
	pH	pH
0	6,22	6,16
1	6,21	6,03
2	6,21	5,00
3	6,21	4,46
4	6,21	4,29
5	6,21	4,18
6	6,21	4,11
7		4,04
8		4,00
9		3,95
9,5		3,92
16	4,12	
17	4,09	
18	4,00	
19	3,98	
20	3,93	
21	3,89	
22	3,88	
23	3,86	
24	3,85	

Sea observado en el Cuadro1, se puede indicar que la muestra 1 tiene una fase de latencia de 6 h aproximadamente y la muestra 2 de 1 h, la diferencia se puede atribuir a la diferencia de temperatura de fermentación o al hecho de que la muestra 1 se ha pasteurizado y la muestra 2 no.

Acidez

Los resultados del proceso de acidificación durante la fermentación se muestran en el Cuadro 2, las condiciones de las muestras 1 y 2 se han detallado anteriormente (v. 3.1)

Cuadro 2.
Datos experimentales del proceso de fermentación.

Tiempo (h)	Muestra 1		Muestra 2	
	Volumen gastado NaOH (mL)	Acidez (g ácido láctico/100 mL extracto)	Volumen gastado NaOH (mL)	Acidez (g ácido láctico/100 mL extracto)
0	0,9	0,09	3,2	0,32
1	1,2	0,12	3,70	0,37
2	1,2	0,12	4,30	0,43
3	1,2	0,12	5,30	0,53
4	1,2	0,12	6,00	0,60
5	1,2	0,12	7,80	0,78
6	1,2	0,12	8,40	0,84
7			9,10	0,91
8			9,70	0,97
9			10,40	1,04
9,5			13,40	1,34
16	2,4	0,24		
17	2,6	0,26		
18	3,0	0,30		
19	3,0	0,30		
20	3,2	0,32		
21	3,4	0,34		
22	3,5	0,35		
23	3,5	0,35		
24	3,5	0,35		

Cuantificación de bacterias ácido lácticas

La cuantificación de las bacterias acido lácticas de la muestra 1 se tiene en el Cuadro 3 y la muestra 2 en el Cuadro 4. Se tabula el número de unidades formadoras de colonias de bacterias acido láctica por unidad de volumen de producto (UFC/mL).

Cuadro 3.
Resultados de viabilidad de bacterias acido lácticas Muestra 1.

Nº	Tiempo de Fermentación (h)	Bacterias ácido lácticas	Nº colonias		Dilución	Células (UFC/mL)
			1	2		
1	0	*L.bulgaricus*	30	22	10^{-1}	$2{,}60x10^{2}$
		S. thermophilus	297	221	10^{-2}	$2{,}59x10^{4}$
2	24	*L.bulgaricus*	57	39	10^{-2}	$4{,}80x10^{3}$
		S. thermophilus	180	158	10^{-2}	$1{,}69x10^{4}$

El extracto fermentado hasta un pH 3,85 y a temperatura de fermentación de 35 ºC afecta la viabilidad de *S. thermophilus.*

Cuadro 4.
Resultados de viabilidad de bacterias acido lácticas Muestra 2.

Nº	Tiempo de Fermentación (h)	Bacterias ácido lácticas	Nº colonias		Dilución	Células (UFC/mL).
			1	2		
1	0	*L.bulgaricus*	62	92	10^{-4}	$7{,}7x10^{5}$
		S. thermophilus	197	200	10^{-4}	$1{,}99x10^{6}$
2	9,5	*L.bulgaricus*	221	235	10^{-5}	$2{,}28x10^{7}$
		S. thermophilus	296	300	10^{-5}	$2{,}98x10^{7}$

Si bien en la muestra 1 el crecimiento de *S. thermophilus* disminuye probablemente por baja temperatura, el crecimiento de *L.bulgaricus* es apreciable, en la muestra 2 los dos crecimientos son apreciables.

Al final de los procesos la muestra 1 y la muestra 2, el producto final no tiene la consistencia adecuada y el olor característico de un yogur.

Transformación del almidón en azucares fermentables

Durante la pasteurización del extracto de quinua se tiene un producto gelatinizado, con una textura no adecuada para el procesamiento del yogur, para evitar esta gelatinización se plantea el desdoblamiento del almidon del grano de quinua, por la acción de la enzima α-amilasa durante la germinación. Para seguir el proceso de transformación del almidon en azucares fermentables se sigue la concentración de glucosa y el extracto seco durante la germinación del grano de quinua.

El proceso de germinación se realiza a una temperatura de 30 ºC y con una relación de quinua seca y volumen de agua 1:1.

a) Glucosa

Los resultados obtenidos experimentalmente por el método DNS, la cuantificación de la glucosa se muestran en la Figura 1.

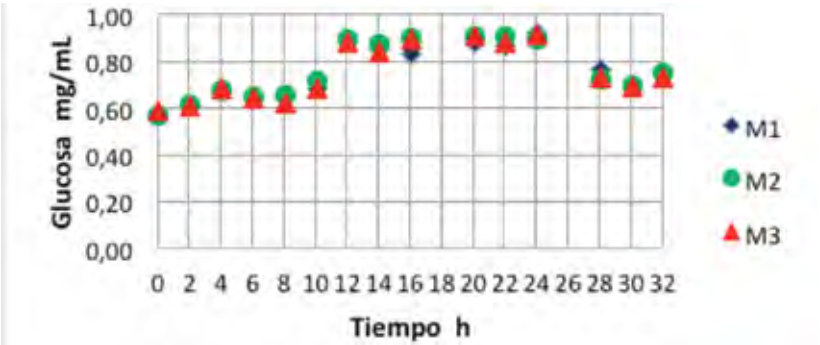


Figura 1.
Concentración de glucosa vs tiempo de germinación.

En los resultados experimentales de germinación del grano de quinua a 20 y 24 h se observa mayor concentración de glucosa por el efecto de la enzima α-amilasa. A partir de 24 h de germinación se observa una disminución de glucosa en el grano germinado. Dado que el almidón se va hidrolizando a glucosa y esta se va consumiendo por la obtención de la energía que necesita el grano para germinar no se puede interpretar la tendencia de los valores obtenidos.

b) Extracto seco quinua germinada

El extracto seco del grano de quinua germinada a una temperatura de 30 ºC se muestra en la Figura 2.

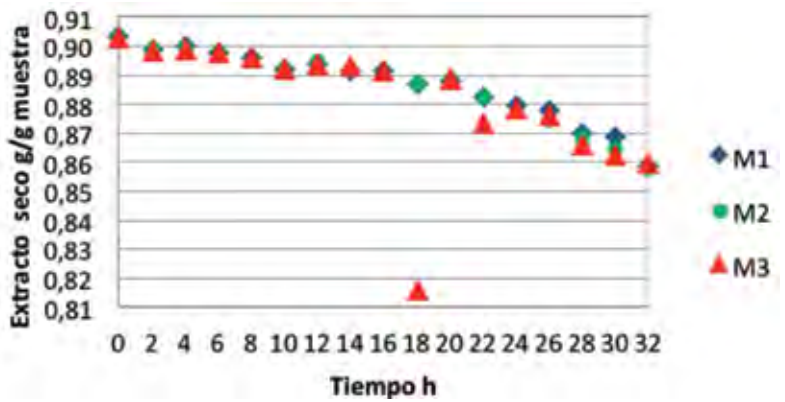


Figura 2.
Extracto seco grano germinado respecto al tiempo.

Según la Figura 2, se observa la disminución de solidos totales durante el proceso de germinación del grano de quinua.

Estos resultados permiten concluir que en la zona en que la concentración de glucosa permanece constante, la formación de esta viene compensada por su consumo, en cambio al final el consumo supera la producción.

Reología del extracto de quinua germinado

Para estudiar las propiedades reológicas del extracto de quinua gelatinizado, se utiliza un reómetro de placas paralelas.

En el reómetro, el fluido se encuentra entre dos placas paralelas, la superior gira y la inferior permanece inmóvil. La muestra en contacto con la placa móvil tendrá una velocidad superior respecto de muestra próxima a la placa fija. Para la medición se requiere pequeñas cantidades de muestra. El reómetro utilizado en el proceso experimental (Advanced, AR 550).

a) Muestra Quinua 1

En la Figura 3, se observa el comportamiento reologíco del extracto de grano de quinua germinada a 30 °C por 20 horas y tratado térmicamente a 65 ºC por 30 min, se tiene los datos experimentales.

b) Muestra quinua 2

Comportamiento reológíco del grano de quinua germinada a 30 ° C por 24 horas y el extracto de quinua se pasteuriza a 65 °C por 30 min, como resultado se tiene un producto gelatinizado (Figura 3).

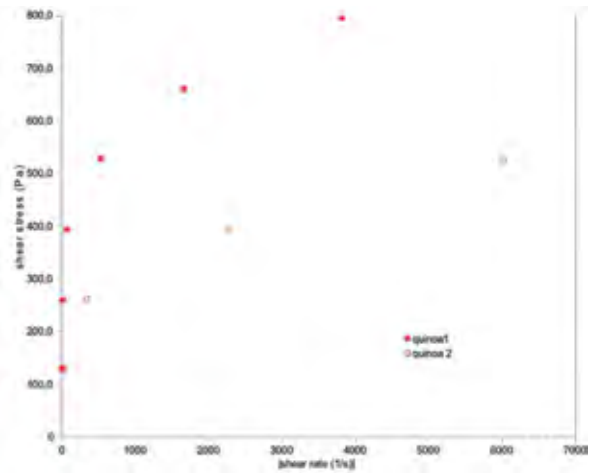


Figura 3.
Esfuerzo de corte frente a velocidad de corte (muestras gelatinizadas a 20 y 24 h de germinación).

Con los resultados experimentales Figura 3 se concluye que la quinua germinada a 24 h es menos viscosa que la quinua germinada a 20 h, por tanto la quinua germinada a 24 h tiene menor contenido en almidón por la acción de la enzima alfa amilasa durante el germinado del grano de quinua.

Conclusiones

- El extracto de quinua es un sustrato adecuado para la acidificación de bacterias lácticas, donde influye la temperatura en el proceso de fermentación. Aunque el producto final obtenido no tiene la consistencia adecuada ni los parámetros organolépticos asociados habitualmente a un yogur.
- Con el fin de disminuir el contenido en almidón, que lleva a la gelatinización, se ha procedido a la germinación del grano, observándose que la mayor concentración de glucosa ocurre a las 24 h de germinación a una temperatura de 30 ºC.
- La quinua germinada a 24 h, gelatinizada a 65 ºC por 30 min, es menos viscosa por tener menor contenido de almidón.

Referencias citadas

Aduviri, G. 2002. Aplicación de diferentes niveles de subproductos del beneficiado de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en la preparación de raciones para cuyes (*Cavia porcellus* l.) en crecimiento engorde. RELAN, Vol. III, 1 pag. 4-11.

Alais, Ch. 2003. Ciencia de la leche, principios de técnica lechera. 1ª Ed. Editorial Reverte S.A. Barcelona, España.

Alcocer, E., Soto, JL., Pinto, M. 2004. Pruebas de aptitudes culinarias con variedades promisorios de quinua y cañahua. En: Informe Técnico anual. 2003-2004 (año 3) Componente Bolivia. Fundación PROINPA. La Paz, Bolivia.

AOAC IUPAC 969.33. 1990. Official methods of analysis, 15ª edición, Vol. II, pág. 963-964.

FAO. 1970. Contenido de Aminoácidos de los Alimentos y datos biológicos sobre las proteínas. Roma.

FAO. 2007. Valor nutritivo y usos de la quinua. Informe estudio completo de la quinua.

Fundación Knight, Fundación PROINPA, MACIA SINARGEAA. 2005. Catalogo de quinua real.

Instituto Boliviano de Normalización y Calidad (IBNORCA). 2007. Granos andinos-Pseudo cereales-Quinua en grano-Clasificación y requisitos NB/NA 0038.

Jimenez, P.L., Armada, M., Gomez, S. E. 2010. Caracterización química y estructural de semillas de quinua variedad cica. III Congreso mundial de la quinua. Oruro-Bolivia.

Miller, G. L. 1959. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. Analytical Chemistry, ISSN 0003-2700, 31(3), 426-428.

Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación.1994. Métodos oficiales de análisis. Tomo I. Madrid, España.

Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación.1994. Métodos oficiales de análisis. Tomo IV. Madrid, España.

Moreno, Y., Hernández, M., Collado, M. C., Hernández, E. 2000. Aplicación de fluorocromos para el estudio de la viabilidad de las bacterias ácido lácticas (BAL) presentes en productos lácteos. *Ars Pharmaceutica,* 41:3; 287-292.

UNE 34-824. 1983. Determinación del contenido extracto seco total. España.

Walstra P., Geurts T. J., Noomen A., Jellema A., Van Boekel M. A. J. S. 2001. Ciencia de la leche y tecnología de los productos lácteos. Editorial Acribia S.A., Zaragoza, España.

Wolff, J. P. 1968. Manuel D'analyse des Corps Gras. Editeur Azoulay, Paris, Francia.



Socioeconomía

Quinua: Desafíos y alternativas sostenibles para Bolivia frente a las perspectivas de competencia internacional

Andrea Baudoin

IPDRS –AVSF.

E-mail: andrea.baudoin@gmail.com

Resumen

En las últimas décadas la quinua ha potenciado el desarrollo de zonas rurales deprimidas en Bolivia gracias a su precio elevado en el mercado internacional. Sin embargo, en el Altiplano Sur, principal zona productora de quinua en el país, la sostenibilidad ambiental (y por lo tanto productiva) del cultivo se ha visto afectada por cambios significativos en los sistemas de producción que han generado una disminución de la fertilidad de los suelos. Por otra parte, la sostenibilidad económica del modelo exportador de materia prima también se ve amenazada porque los países importadores podrían producir dentro de poco por lo menos parte de sus requerimientos del "grano de oro", un fenómeno que ya ha empezado en distintos puntos del globo. Frente a las perspectivas de competencia internacional, la agricultura campesina boliviana debe aumentar su productividad para ser competitiva, como mínimo en el mercado interno, sin por ello comprometer más la ya frágil sostenibilidad de los sistemas de producción. Mientras hayan oportunidades de exportación estas deben aprovecharse pero debe repensarse la vocación exclusivamente exportadora del sector y construir una estrategia más amplia orientada hacia la seguridad con soberanía alimentaria. Para ello se resalta la importancia de generar conocimiento y tecnología por medio de investigación estratégica coordinada y articulada con los actores del sector en todos los niveles y esto incluye a las comunidades productoras, principales interesados y conocedores de las necesidades del sector en su eslabón primario. Las comunidades de la región Intersalar poseen estructuras de gobernanza favorables a la gestión territorial de los recursos naturales. El establecimiento de normas comunales adaptadas al contexto actual de producción y de mercado es un elemento clave para garantizar una producción más sostenible, recuperar aunque sea en parte la fertilidad de los suelos y limitar los conflictos por el acceso a la tierra.

Palabras claves: Quinua; Bolivia; sostenibilidad; competencia internacional; normas comunales.

Introducción y problemática

El 2013 ha sido declarado Año Internacional de la Quinua por la FAO por iniciativa del gobierno boliviano y apoyo de varios países (FAO, junio 2012). Las expectativas de los principales países productores son muy altas ya que la quinua conoce desde los años ochenta, y principalmente en la última década, un "boom" impresionante. Por esta demanda elevada y sostenida, el precio al productor se mantiene en niveles muy altos. El año internacional es una gran oportunidad para dar a conocer la diversidad y el potencial que tiene la quinua para que los gobiernos le dediquen al cultivo un presupuesto consecuente y para promover su consumo en los mercados internos de los países productores y avanzar así en la dirección de la seguridad alimentaria (FAO, noviembre 2012).

Sin embargo, debe ser una oportunidad también para enfrentar los problemas que persisten en el sector y generar información para tener un panorama más amplio de la situación actual.

Existen una serie de problemas de sostenibilidad en la producción y algunos riesgos potenciales ligados al mercado que merecen ser analizados y para los cuales deben buscarse soluciones y proponer alternativas. Por un lado, los sistemas productivos actuales, basados en la expansión de las superficies, tienen muchas limitaciones y por el otro aparecen amenazas de competencia internacional que podrían poner en peligro la situación favorable de casi monopolio de la oferta que tienen hoy en día Bolivia y Perú.

El objetivo de este trabajo es, a partir de los resultados, generar elementos de reflexión y recomendaciones para tratar de mejorar la sostenibilidad del sector en sus tres dimensiones.

En este estudio, se hará un énfasis particular en la zona Intersalar (departamentos de Oruro y Potosí) ya que esta es la región del país en la que más concentrada está la producción de quinua (tratándose particularmente de Quinua Real).

Materiales y métodos

El método de investigación es deductivo-analítico ya que se intenta determinar a partir del análisis de la realidad, cómo los hechos más importantes en el sector de la quinua en los últimos años han generado relaciones de insostenibilidad ecológica (y por ende productiva) en el cultivo del grano de oro. Esta hipótesis es comprobada al analizar los datos de evolución tanto de superficie como de rendimiento de producción en nuestro país. Además se hace una síntesis en relación a cómo la expansión de la superficie cultivada de quinua en otros países, puede ser una amenaza para la exportación de Quinua Real boliviana.

Los materiales utilizados como información han sido los datos estadísticos del INE y del IBCE e información secundaria sobre la quinua. Así mismo se han realizado algunas entrevistas a expertos sobre la situación de sostenibilidad del grano de oro.

Resultados

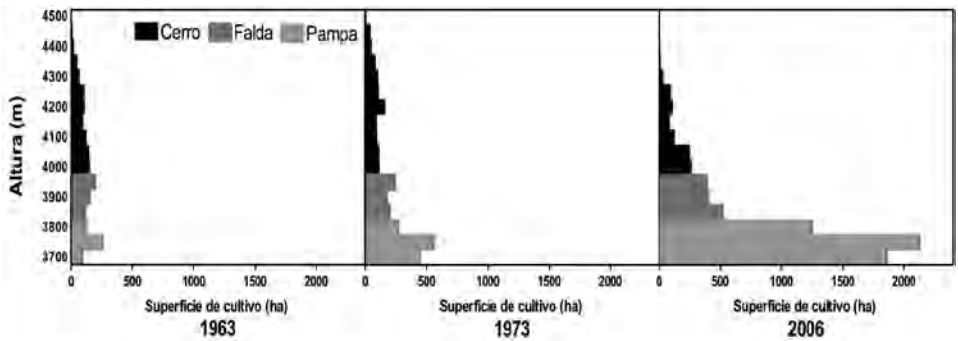
Los resultados de este trabajo buscan aprovechar los espacios de discusión generados por el Año Internacional de la Quinua para reflexionar sobre la sostenibilidad económica, social y ambiental de la producción de quinua.

Los resultados se enfocan en dos ejes que posteriormente servirán como insumos para la discusión: el primer eje se refiere a los problemas de insostenibilidad que son consecuencia de los cambios importantes que se han dado en los sistemas de producción de la zona Intersalar, y el segundo eje analiza el contexto mundial de producción de quinua levantando algunos elementos de reflexión sobre posibles escenarios a mediano plazo.

La insostenibilidad de los sistemas de producción y las limitantes a la productividad en el Altiplano Sur de Bolivia

El principal problema de la producción en el altiplano boliviano, y particularmente en la zona Intersalar, que es la de mayor producción en el país, es la productividad. Tratándose de ecosistemas extremadamente frágiles, el aumentar la productividad al mismo tiempo que se preservan los recursos naturales es muy difícil.

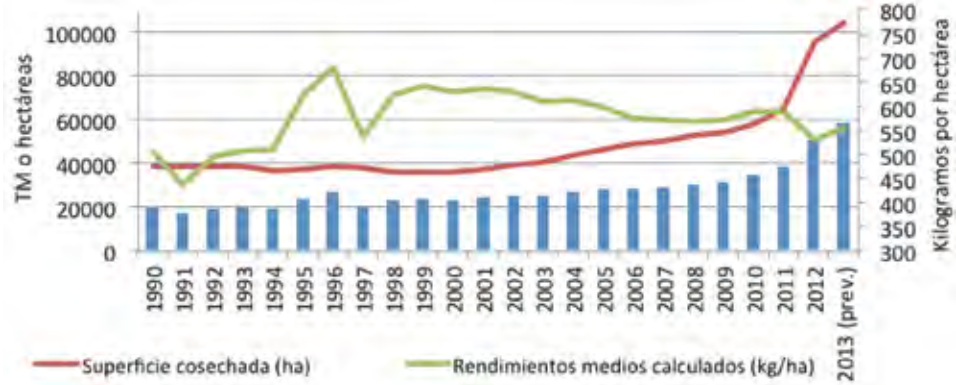
El "boom" de la quinua ha tenido consecuencias en la organización espacial del cultivo y en el funcionamiento técnico de los sistemas de producción. Ha aumentado muy significativamente el cultivo de quinua en pampa en relación a las zonas de falda y cerro (ver Figura 1) y ha aumentado mucho la mecanización del trabajo de la tierra (Winkel, 2011).



Fuente: Proyecto Equeco, 2008

Figura 1.
Evolución de las superficies de cultivo de quinua en cerro, falda y pampa.

Por estos fenómenos se han generado o acentuado problemas como la pérdida de vegetación nativa, el aumento de la erosión, la reducción de los periodos de descanso, la reducción de bofedales y de la cabaña ganadera. Todos estos factores degradan los suelos de forma considerable y afectan la productividad del cultivo. Desde hace algo más de diez años se observa en el país una disminución de los rendimientos de quinua.



Fuente: (AVSF, 2013) en base a datos del INE, del IBCE y de fuentes de prensa

Figura 2.
Producción, superficie y rendimientos medios de la quinua desde 1990.

La Figura anterior nos muestra que el aumento de los volúmenes producidos en los últimos quince años no se debe a una mejora de los rendimientos, ni a un aumento simultáneo de superficie y rendimientos sino exclusivamente a una expansión del área cultivada (que se prevé que aumente mucho más en los próximos años alcanzando las 150 000 hectáreas según el Viceministro de Desarrollo Rural y agropecuario Víctor Hugo Vásquez).

Se corre el riesgo de que a mediano plazo estos sistemas de producción sean inviables por la pérdida de fertilidad de los suelos y sus consecuencias en los rendimientos. El gran desafío es aumentar significativamente la productividad del cultivo sin comprometer su viabilidad a largo plazo. Las principales limitantes de la productividad son la baja fertilidad de los suelos, la falta de variedades adaptadas al clima, la falta de disponibilidad y acceso a semillas de calidad, la inexistencia de maquinaria adaptada para la siembra y la cosecha, y las grandes pérdidas por plagas y predadores.

El nuevo contexto mundial, una amenaza para los grandes países productores de quinua y su agricultura campesina

Los principales países productores de quinua son Bolivia y Perú (con 90% de la producción). Desde la década de los noventa, la producción de quinua se ha disparado por sus altos precios, consecuencia de un aumento de la demanda y de una oferta limitada. Perú aparece como primer país productor con más de 40 mil Tm (aunque las cifras estén infladas por el contrabando de quinua boliviana). Bolivia sigue siendo el primer exportador con más del 80% de su producción (unos 80 millones de dólares). Los ingresos de la quinua en Bolivia dependen entonces altamente de la exportación y del mercado internacional (la parte de la producción exportada se ha multiplicado por más de 5 en diez años, ver Figura 3).



Fuente: (AVSF, 2013) en base a datos del INE y del IBCE

Figura 3:
Exportaciones de quinua hasta el 2012.

La quinua es un cultivo muy peculiar por sus grandes cualidades nutritivas y por su capacidad de crecer y fructificar en condiciones extremas (Mujica y Jacobsen, 2006), excluyentes para la gran mayoría de los cultivos comerciales. Grandes extensiones de tierra hasta hoy consideradas estériles podrían valorizarse mediante el cultivo de quinua. Su producción está empezando en países para los cuales el cultivo es nuevo pero que por ser importadores de quinua ya cuentan con tecnología de transformación y están invirtiendo en investigación.

Bolivia y Perú representaban 92% de la producción mundial en el 2008, siendo el 8% restante producido por Estados Unidos, Ecuador, Argentina y Canadá. Según informa la FAO para el año Internacional, ahora la quinua estaría siendo cultivada en 70 países. En el 2012, se estimaba que en Estados Unidos se estuviesen cultivando unas 500ha (lo que equivale a 10% de la demanda). Lo mismo en Francia donde se han registrado unas 300ha sembradas. En el cerrado brasileño se están realizando intentos por "tropicalizar" la planta y una empresa chilena ha patentado ya una semilla de quinua con alto potencial de rendimiento para zonas bajas.

Así, si bien los últimos 15 años han sido una oportunidad dorada para los países exportadores de quinua que hasta hoy tienen el casi monopolio de la oferta, esta situación podría estar cambiando rápidamente. Por otra parte, los problemas de productividad en el Altiplano Sur antes citados se tornan particularmente preocupantes a la luz de la esta potencial competencia internacional pues una reducción en los precios internacionales podría ser grave para las familias productoras. La competitividad de Bolivia en un escenario de ese tipo es extremadamente limitada por los bajos rendimientos y la fragilidad de los ecosistemas altiplánicos.

Discusión

Frente a estos resultados, que alertan sobre las perspectivas del cultivo de quinua en Bolivia, deben analizarse posibles soluciones.

La necesidad urgente de investigación estratégica y apoyo institucional

La investigación estratégica para asegurar la producción sostenible de quinua debe ser asegurada, por lo menos en buena parte por el Estado (considerando también la reducción de la ayuda financiera de la cooperación por causa de la crisis financiera en los países del Norte), a través de instituciones técnicas específicas, independientes, con profesionales capacitados y comprometidos que lleven a cabo estudios en el marco de una estrategia a largo plazo. Deben ser definidas claramente las prioridades y el enfoque de desarrollo que se desea para orientar la investigación, de forma participativa y previa identificación de las necesidades de los productores, del sector industrial y de los consumidores. Muchas veces se han tomado en cuenta únicamente las exigencias de los mercados internacionales como criterios para orientar la producción (Baudoin Farah, 2009). Si bien han habido logros y avances en investigación (Rojas, 2010) y existen iniciativas en este sentido y se están haciendo esfuerzos, por ejemplo en manejo integrado (PROINPA, 2011), se requiere mayor coordinación y mejor aprovechamiento de las capacidades existentes para capitalizar experiencias.

Está claro que hay en el país un problema de generación de tecnología pero también se debe pensar en términos de accesibilidad de los productores a las innovaciones y las condiciones para la viabilidad de un cambio de prácticas agrícolas. Todavía no se le da la importancia suficiente en términos de presupuesto y esfuerzos a la investigación, a la asistencia técnica de calidad, a los créditos de inversión adaptados a las necesidades del sector, sino que se sigue pensando en términos de indicadores inmediatistas de inversión en infraestructura y favoreciendo la agroindustria exportadora frente a la agricultura familiar campesina.

Por otra parte, la cadena productiva de la quinua en Bolivia tiene una vocación casi exclusiva de exportación de materia prima. Para poder exportar productos con valor agregado se debe apoyar la investigación estratégica en el sector industrial pues existe una gran deficiencia en este eslabón de la cadena productiva. Se debe fomentar la creación y el desarrollo de agroindustrias rurales y su inserción dentro de complejos productivos construyendo así un enfoque territorial que permita retener una parte mayor de valor agregado en el territorio y aumentar las capacidades de negociación de los actores con agentes externos (Boucher y Riveros, 1999).

Producir primero para consumir

Como se señaló anteriormente, las exportaciones bolivianas representan casi exclusivamente materia prima (es decir quinua entera) limitando la parte de valor agregado del producto final que se queda en el país. Además, la dependencia que se tiene frente al mercado internacional hace al sector más vulnerable.

Por otra parte, por sus cualidades nutricionales la quinua es un alimento muy importante (Tapia, 2010) y su consumo regular debería ser un objetivo prioritario dentro de la estrategia por la seguridad con soberanía alimentaria sobre todo en un país con tasas tan altas de desnutrición infantil como Bolivia (Ayala, 2004, FAO, 2011 y FAO, noviembre 2012).

Fomentar y desarrollar el mercado interno aparece en este contexto como una alternativa interesante para limitar los riesgos de variaciones en el precio internacional y además contribuir a la seguridad con soberanía alimentaria del país.

El consumo de quinua en Bolivia ha aumentado significativamente (de 0,35kg per cápita en el 2009 a 1,1 en el 2012 según información del Viceministerio de Desarrollo Rural y Agropecuario) pero sigue siendo muy bajo en comparación con otros alimentos como arroz, papa o trigo (fideos). En las zonas productoras los ingresos de la quinua han permitido una mejor alimentación y el consumo de quinua es relativamente alto (Avitabile, 2013). A nivel nacional, el bajo consumo de quinua en Bolivia se podría explicar por diversos motivos: el alto precio del producto, la falta de costumbre de consumo en el ámbito urbano y la predominancia de padrones de consumo alimentario muy poco saludables. Para solucionar estos últimos problemas, la educación es fundamental y debe tenerse una estrategia a largo plazo. Con el problema del precio, sin embargo, ¿cómo conseguir un equilibrio entre la remuneración del productor y la accesibilidad del precio del producto para los consumidores? Si se eliminan todos los intermediarios el precio al productor podría ser igual al precio pagado por el consumidor pero si bien existen espacios en los que la distancia entre el productor y el consumidor se reducen es difícil imaginar que estos alcancen a toda la población. Debe pensarse por lo tanto, desde las políticas públicas, en otras salidas, factibles y eficientes, que complementen el desarrollo de circuitos cortos y de proximidad.

Las iniciativas comunales como alternativa para un desarrollo sostenible de la zona Intersalar

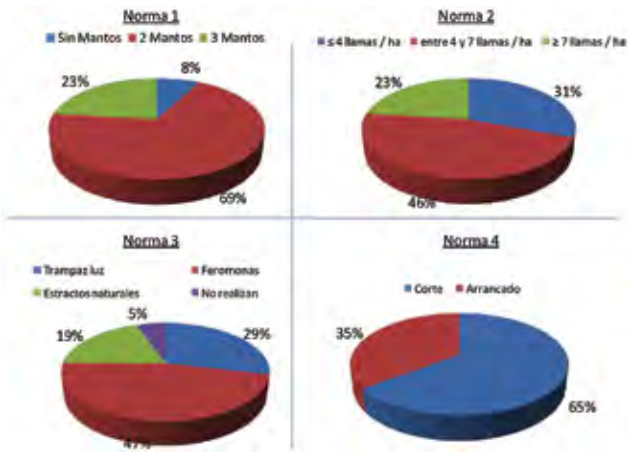
Más allá de las estrategias nacionales, debe pensarse a escala de las propias comunidades productoras para repensar los modelos de producción y caminar hacia sistemas más sostenibles.

En el contexto del Altiplano Sur deben pensarse soluciones de forma colectiva ya que el manejo sostenible de los recursos necesita el establecimiento de regulaciones de las áreas de cultivo, de descanso y de pastoreo. Estos aspectos no pueden ser manejados individualmente y debe pensarse una gestión de los recursos por parte de las comunidades.

Desde hace unos años se viene trabajando en la adopción de normas comunales en la zona Intersalar por parte de algunas comunidades con apoyo de ANAPQUI y de AVSF (proyecto Intersalar 2002-2011). Estas normas son definidas por las propias comunidades en función de sus necesidades, de su voluntad de poder seguir produciendo

en sus tierras y de limitar las pérdidas de rendimiento que se vienen observando en los últimos años como consecuencia de la disminución de la fertilidad de los suelos. Las normas comunales regulan aspectos de la producción a nivel comunal y territorial. Existen en las comunidades estructuras de gobernanza, por medio de las autoridades originarias, que facilitan el establecimiento de estas normas, adaptadas al nuevo contexto de la quinua en el Altiplano Sur. Sin embargo, se requiere un trabajo fuerte de concertación y de fiscalización del cumplimiento de las normas (AVSF, 2009).

Algunos ejemplos de normas adoptadas por las comunidades que participaron del proyecto (de los municipios de Salinas de Garci Mendoza, Llica y Tahua) son: la garantía de un periodo mínimo de descanso de las tierras de un ciclo agrícola (norma 1), garantizar un número mínimo de camélidos por hectárea cultivada (norma 2), realizar el control de plagas de manera preventiva (norma 3) y cortar la quinua (en vez de arrancarla) a la hora de la cosecha (norma 4) (AVSF, 2013). Estas normas (principalmente las normas 1, 2 y 4) claramente tratan de compensar las pérdidas de fertilidad de los suelos y minimizar la erosión. Los niveles de cumplimiento de las normas son variables entre comunidades y según la norma considerada. Los resultados de encuestas en 16 comunidades piloto de ANAPQUI (que previamente han establecido e implementado sus normas comunales) muestran que: 92% de las comunidades garantizan un descanso de por lo menos un ciclo agrícola entre cultivos, 23% de las comunidades encuestadas tienen suficiente abono para la fertilización de sus parcelas cultivadas (y 46% la garantizan parcialmente), 95% de las comunidades que han implementado la norma de control preventivo de plagas realizan por lo menos una actividad en este sentido (ya sea con feromonas, trampas de luz o extractos naturales) y 65% de las comunidades que han implementado la norma de corte en la cosecha la están cumpliendo.



Fuente: AVSF, 2013

Figura 4.
Avances en la aplicación de las 4 normas básicas de producción sostenible en las 16 comunidades piloto.

Estas iniciativas, que representan una alternativa interesante y sostenible (por el empoderamiento de las comunidades y sus estructuras de gobernanza) necesitan apoyo técnico y financiero en algunos casos. La investigación estratégica a nivel nacional antes mencionada, así como la asistencia técnica de calidad y continua, tendrían que articularse a estos procesos para generar tecnología, apoyar la implementación de las normas y las inversiones necesarias.

Un ejemplo interesante ha sido el financiamiento de micro proyectos con fondos concursables llamados Fondos de Apoyo a Iniciativas Comunales (FAIC). Las familias presentan sus micro-proyectos y los mejores (más urgentes, más interesantes y realizables) son escogidos por la comunidad. Los fondos provienen de la comunidad, de AVSF y de los municipios. Es importante señalar que la parte correspondiente a los municipios ha ido creciendo considerablemente en los últimos cinco años garantizando así una mayor sostenibilidad del proceso. Los temas son diversos y van desde la apertura de caminos a terrenos de cerro, hasta la construcción de almacenes, de estructuras de micro-riego y cercados.

Conclusiones

- La inserción de la quinua en el comercio mundial ha representado y representa una gran oportunidad para Bolivia, para las familias productoras, las empresas transformadoras y en general para los actores locales de la cadena productiva. No obstante, la coyuntura actual, muy favorable para los países exportadores por la gran demanda y los precios altos, puede cambiar provocando serios problemas para las comunidades productoras. Las perspectivas de aumento de la competencia internacional (e incluso interregional dentro del país) a mediano plazo deben ser consideradas como un riego potencial y las políticas públicas tienen que prever contextos menos favorables a la exportación. Como estrategia nacional, Bolivia debería plantearse un fomento real y efectivo del mercado nacional, aún incipiente aunque en aumento.
- La productividad de los cultivos de quinua en Bolivia es baja pues por un lado los ecosistemas en los que está implantado el cultivo son muy frágiles, y por otro existen todavía muchas necesidades agronómicas e industriales que no han hallado respuesta. Se hace urgente articular las acciones de investigación, asistencia técnica, capacitación y apoyo institucional de forma coherente y con objetivos claros, dentro de una visión a largo plazo. Para ello no solo se debe innovar para aumentar los rendimientos de la quinua sino que se deben abordar los sistemas de producción desde un enfoque sistémico para generar alternativas sostenibles que tengan como base a la familia campesina y la agroindustria rural. Dentro de este marco es fundamental la reflexión a escala territorial. Las condiciones de producción en el Altiplano Sur particularmente hacen necesaria la concepción de los sistemas de producción familiares como parte de un conjunto regulado y normado si se quiere reequilibrar algunos problemas ambientales que están afectando la producción.

Referencias citadas

Avitabile E., The contribute of food sovereignty to food security. An interpretation through value chain analysis (tesis doctoral aún no publicada), Universidad de Roma 3, 2013.

AVSF, Gobernanza local y producción sostenible de quinua Real en Bolivia (en edición), Bolivia, 2013.

AVSF, Quinua y Territorio, Bolivia, 156 p., 2009.

Ayala G., Aporte de los cultivos andinos a la nutrición humana, en: J. Seminario (Ed.), Raíces Andinas, 2004.

Baudoin Farah A., Evaluación y perspectivas del mercado de semillas certificadas de quinua en la región del salar de Uyuni en el altiplano sur de Bolivia, AgroParisTech, Paris, Francia, 2009. Disponible en: http://www.ird.fr/equeco/IMG/pdf/Baudoin-es-p.pdf

Boucher F., Riveros H., Agroindustria y Agroindustria Rural: Elementos conceptuales y de reflexión, Proyecto MAG/BCIE/IICA, San Salvador, junio de 1999.

FAO Oficina regional para América Latina y el Caribe, Coordinación: Rojas W., La Quinua; Cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial, Julio 2011.

FAO Oficina regional para América Latina y el Caribe, Quinua y granos ancestrales serán productos estelares en la dieta andina para combatir la desnutrición infantil, noviembre 2012. Disponible en: http://www.rlc.fao.org/es/paises/peru/noticias/quinua-y-granos-ancestrales-seran-productos-estelares-en-la-dieta-andina-para-combatir-la-desnutricion-infantil/

FAO, Bioversity International, Celebrando El año Internacional de la Quinua: Un futuro sembrado hace miles de años, Nota conceptual, Junio 2012.

Mujica A., Jacobsen S., La quinua (*Chenopodium quinua* Willd.) y sus parientes silvestres, en: Botánica Económica de los Andes, editores: MORAES M. et al, La Paz, Bolivia, 2006, pp.449- 457.

PROINPA, La Quinua Orgánica: Estrategia de manejo integrado del cultivo, 2011. Disponible en: http://www.proinpa.org/index.php?option=com_phocadownload&view=file&id=169%3Ala-quinua-orgnica.-estrategia-de-manejo-integrado-del-cultivo&Itemid=185&lang=es

Rojas W. et al. (editores), Granos Andinos. Avances, logros y experiencias desarrolladas en quinua, cañahua y amaranto en Bolivia, Bioversity International, Roma, Italia, 2010.

Tapia G., Características Nutricionales, preventivas y terapéuticas de quinua, Ponencia III Congreso Mundial de la quinua, Bolivia, 2010.

Winkel T. (coord.), Para durar, cambiemos: paradojas y lecciones del éxito de la quinua, Informe científico final del proyecto EQUECO- Emergencia de la quinua en el comercio mundial: consecuencias para la sostenibilidad social y agrícola en el Altiplano boliviano. Cooperación Franco-Boliviana. ANR (Agencia Nacional de Investigación en Francia), Proyecto ANR-06-PADD-011. CIRAD/CNRS/EHESS/INRA/IRD (coord.)/UM3. Montpellier, Francia, 92p., 2011.

Información de la dinámica de precios de las quinuas reales para la toma de decisiones con menor incertidumbre

Efraín Balderrama; Carina Valdez; Margarita Callapa; Roger Colque; Leopoldo Lora.

Fundación Valles / SIMA .

E-mail: ebalderrama@fundacionvalles.org

Resumen

El Servicio de Información y Análisis de Mercados (SIMA) de la Fundación Valles realiza el monitoreo de la Feria Rural de Challapata desde noviembre de 2008 en forma continúa, a partir del 2011 incorpora el seguimiento de Ferias Anuales (Huari y Challapata) y ferias rurales relacionadas con la quinua, Caracollo y Lahuachaca. La información que se genera pasa por un control de calidad, auditado bajo la Norma ISO 9001:2008, para luego difundirse por radio Bahái e internet como un bien público que pretende coadyuvar a solucionar los problemas de asimetrías de información. El presente trabajo hace un análisis de la dinámica de precios de las quinuas reales[1] (***Chenopodium quinoa*** Willd) en el mercado de referencia para estos ecotipos (Challapata). Se analizó el comportamiento histórico de precios (Noviembre - 2008 a Marzo - 2013) de los ecotipos conocidos como Blanca, Pantela Rosada, Pisankalla Roja y Negra, complementado con un sondeo que identifica los lugares y frecuencias de venta que utilizan las familias productores de este grano. Los resultados del trabajo confirman el importante rol que cumple la Feria Rural de Challapata para la fijación de los precios de las quinuas convencionales[2] y punto de referencia para las quinuas orgánicas.

Palabras claves: Precios; mercados; comercialización; quinua; negocios.

1 Se conoce con el denominativo de quinuas reales a todos los ecotipos que son cultivados en el altiplano sur de Bolivia; los granos son de mayor tamaño (superiores a los 2 mm de diámetro) y tienen alto contenido de saponina en su cubierta externa (Aroni et. al., 2005).

2 Los ecotipos que se transan en la Feria Rural de Challapata son "Reales" y se los denomina "convencionales" porque no han tenido un proceso de certificación que les califique como orgánicos.

Introducción

El Servicio de Información y Análisis de Mercados Agropecuarios (SIMA) es una unidad estratégica de Fundación Valles que concentra sus actividades en la generación de información de mercados y productividad agropecuaria de Bolivia.

En el ámbito de las quinuas reales, el altiplano sur de Bolivia es la principal zona de producción (departamentos de Oruro y Potosí) y los mercados[3] más importantes donde se tranza este grano son:

- La Feria Rural[4] de Challapata es el mercado de referencia de las quinuas reales, ésta se instala semanalmente (sábados y domingos).
- Las Ferias Anuales[5] de Huari y Challapata, se han convertido en importantes eventos de oferta de las quinuas reales; la primera de ellas se instala una semana después de "Semana Santa" y, la segunda el próximo fin de semana.
- Las Ferias Rurales de Caracollo y Lahuachaca son importantes en la comercialización de quinua de ecotipos no reales[6] y se ha observado en baja proporción de ecotipos reales; la primera de ellas se instala los domingos y la segunda, los miércoles.

El SIMA monitorea la feria rural de Challapata desde Noviembre de 2008, a partir de enero del 2011 ha incluido el seguimiento de las ferias rurales de Caracollo y Lahuachaca y las ferias anuales de Huari y Challapata.

La difusión de la información tiene diferentes componentes, en el caso de los precios se utiliza radios comunitarias e internet, en el corto plazo se instalará un servicio de mensajería a través de la telefonía móvil (SMS); a través de estos sistemas se pretende romper la asimetría de información que existe en los sistemas de comercialización.

El objetivo del sistema de monitoreo es proveer información actualizada, consistente, estratégica y oportuna del comportamiento de los mercados de quinuas reales en Bolivia para la toma de decisiones de diferentes actores, con menor incertidumbre.

El objetivo del presente trabajo es: *Analizar la dinámica de precios de las quinuas reales y su relación con las decisiones que toman los productores de quinua para realizar sus ventas*.

3 Challapata, Huari y Caracollo se encuentran en los municipios del mismo nombre, pertenecen al departamento de Oruro. Lahuachaca se encuentra en el municipio de Sica Sica del departamento de La Paz.

4 Las ferias rurales son eventos económicos, sociales y culturales que se instalan en diferentes comunidades o municipios del área rural de Bolivia; la frecuencia de su funcionamiento puede ser semanal, quincenal o mensual, dependiendo de cada caso. Estas ferias, generalmente, duran de uno a dos días.

5 Las ferias anuales son eventos económicos, sociales y culturales que se instalan una vez al año y duran entre tres a cuatro días; dependiendo del caso tienen diferentes características económicas por el gran volumen de productos que logran concentrar y la gran cantidad de actores presentes (productores, comercializadores y otros).

6 Se conoce como quinuas no reales, a todos los ecotipos que no se producen en el altiplano sur de Bolivia; el tamaño de los granos varía desde pequeños hasta grandes, tienen diferentes contenidos de saponina e incluso existen variedades dulces.

El análisis utilizado tiene un enfoque de negocios, por lo que utiliza – principalmente – precios nominales[7].

Materiales y métodos

El sistema de información planteado por el SIMA tiene los siguientes componentes:

- **Monitoreo de la feria rural de Challapata.** Los datos fueron levantados en el ecotipo Blanca (noviembre, 2008). A partir del 2011 se hace la diferenciación de tamaños de grano y se incluye el seguimiento de los ecotipos Pisakalla Roja, Pantela Rosada y Negra. Las variables sobre las que se hace el seguimiento son: oferta, demanda, empaque, unidad de venta, tamaño del grano, calidad, rango de precios y novedades pertinentes a cada fin de semana en el que se instala la feria. El rango de precios que se toma corresponde al precio que se le paga al oferente del grano, que puede ser un productor o un acopiador y se le ha denominado precio en feria rural[8].
- **Monitoreo de Ferias Anuales de Huari y Challapata.** Estas ferias tienen gran relevancia para el comercio de las quinuas reales por la alta concentración de producto que se oferta. Además de las variables tradicionales de seguimiento, en este tipo de ferias, se incluye una estimación de los volúmenes globales transados.
- **Producto terminado en feria.** Por las condiciones de comercialización existentes se denomina "producto terminado en feria" al grano de quinua antes de su escarificación, empacado en bolsas de polipropileno de diferentes capacidades. Estos productos, así transados, son la materia prima para las plantas de beneficiado. También se conoce a este tipo de producto como "quinua convencional".
- **Unidades de venta.** Las unidades de venta son la arroba (25 libras) y el quintal (100 libras). Para fines de este estudio, los datos fueron procesados por la unidad mayor, el quintal.
- **Sistemas de difusión.** Los sistemas de difusión de información que utiliza el SIMA son: radio Bahá í e internet (http:/simaweb.fdta-valles.org).
- **Soporte tecnológico.** El procesamiento de datos, desde su levantamiento en mercados hasta su difusión, se realiza con el Sistema de Gestión de Información de Mercados (S-GIM), aplicación informática que permite una administración y control de calidad en línea (a través de internet).

El análisis metodológico se realizó en base a la información histórica del comportamiento del mercado de las quinuas reales, utilizando principalmente los precios nomi-

7 Precios nominales son los valores que tiene un producto en una moneda corriente (unidades monetarias corrientes) en un momento determinado del tiempo.

8 El análisis realizado no incluye las ferias rurales de Caracollo y Lahuachaca porque no tienen una especialización en el comercio de las quinuas reales.

nales por ecotipo. Solamente en el caso de la quinua real blanca se hace un breve análisis de precios reales[9], utilizando como deflactador el Índice de Precios al Consumidor (IPC, base 2007).

En la gestión 2013 se realizó la prueba piloto de mensajes cortos (SMS) a través de telefonía móvil (celular). Para tal fin, se realizó un sondeo de percepción y calidad de señal de las empresas que prestan dicho servicio y los sistemas de comercialización que utilizan las familias productoras. Se realizaron 80 encuestas en los siguientes municipios: San Pedro de Quemes, San Agustín, Salinas de Garci Mendoza, Quillacas, Pazña, Pampa Aullagas, Huari, Colcha K y Challapata.

La interpretación de la información, como se mencionó en párrafos precedentes, se concentra en un enfoque de negocios

Resultados y discusión

Tendencias de los precios nominales y reales de la quinua real Blanca

Los precios históricos de la quinua real Blanca (tamaño grande) en el período analizado (Noviembre - 2008 a Marzo - 2013) corresponden al monitoreo de 230 observaciones. En la Figura 1 se puede observar los precios nominales y reales donde gráficamente, no se identifica una tendencia constante de pendiente positiva. A partir del segundo trimestre de 2009 ha existido una tendencia a disminuir los precios hasta llegar a los menores valores nominales (450 Bs/qq) y reales (337 Bs/qq) en el primer trimestre de 2012, produciéndose – recién – una recuperación del precio con una tendencia constante al alza, identificando el mayor precio nominal (872.5 Bs/qq) en la octava semana de 2013; sin embargo, en términos de precios reales el mayor precio se presentó la novena semana de 2009 (663 Bs/qq).



Figura 1.
Precios promedio nominales y reales de la Quinua Real Blanca en Challapata.

9 Precios reales son los valores que tiene un bien cuando el precio nominal ha sido ajustado por efectos de la inflación; también se le denomina precio en unidades monetarias constantes.

El comportamiento de tendencia que puedan tener los precios de la quinua que se reflejan en la anterior gráfica, requiere de un análisis econométrico; sin embargo, los cuatro años de información podrían ser insuficientes para determinar este tipo de tendencia.

Estacionalidad de los precios nominales de la quinua real Blanca

Los precios nominales de la quinua real Blanca de las gestiones 2009 a 2012 fueron organizados por año calendario para identificar la presencia de estacionalidad, tomando en cuenta que el sistema productivo es anual y el grano tiene la importante cualidad de poder almacenarse por varias semanas y meses sin problemas graves de deterioro.

En la Figura 2, analizando los precios de cada año calendario, se puede apreciar que existe una mayor frecuencia de menores precios de la quinua en los meses de julio, agosto y septiembre. La disminución del precio, es una respuesta del incremento de la oferta del grano, éste comportamiento, en base a los sondeos y entrevistas realizados, se debe más a una necesidad financiera (liquidez) de las familias productoras, que a una lógica de maximización de sus ingresos.



Figura 2.
Precios promedio nominales de la Quinua Real Blanca en Challapata por gestión.

También se puede identificar que en los meses de enero a abril y diciembre, los precios alcanzan frecuentemente los mayores valores. Entre mayo y junio hay una tendencia frecuente en la que los precios tienden a disminuir, mientras que entre octubre y noviembre inician su ascenso anual. En la gestión 2011, luego de septiembre no ha existido el ascenso tradicional del precio, al parecer éste comportamiento es consecuencia de cambios en la demanda por el ecotipo Pisankalla Roja.

Tendencias de los precios nominales de diferentes ecotipos de quinua real

El comportamiento de los precios promedio nominales de los ecotipos Blanca, Pantela Rosada, Pisankalla Roja y Negra entre mayo de 2011 y abril de 2013 se muestran en la Figura 3.

Los ecotipos Blanca y Pantela Rosada tienen un comportamiento similar en sus precios de feria, esto se debe a que ambos ecotipos son transados como grano antes de su escarificación; después del beneficiado (escarificación, lavado y selección), éstos no presentan diferencias visuales (color y tamaño). A su vez, la oferta de estos dos ecotipos es la más constante.

El ecotipo Pisankalla Roja mostró un comportamiento errático en sus precios, con fuertes cambios producidos por la demanda del mercado de exportación (según entrevistas). La gestión 2011 se caracterizó por los precios más altos (1250 a 1475 Bs/qq), cayendo abruptamente en la gestión 2012, incluso por debajo del ecotipo Blanca, llegando hasta 400 Bs/qq. Desde ese momento hasta abril del 2013, sus precios se han mantenido por debajo de los ecotipos Blanca y Pantela Rosada. Diversas entrevistas a productores, manifiestan que las señales del mercado mostraron una creciente demanda por este ecotipo, a lo que los productores reaccionaron con expectativas positivas, sembrando mayores superficies; al parecer la demanda se contrajo por causas no identificadas en el presente estudio.

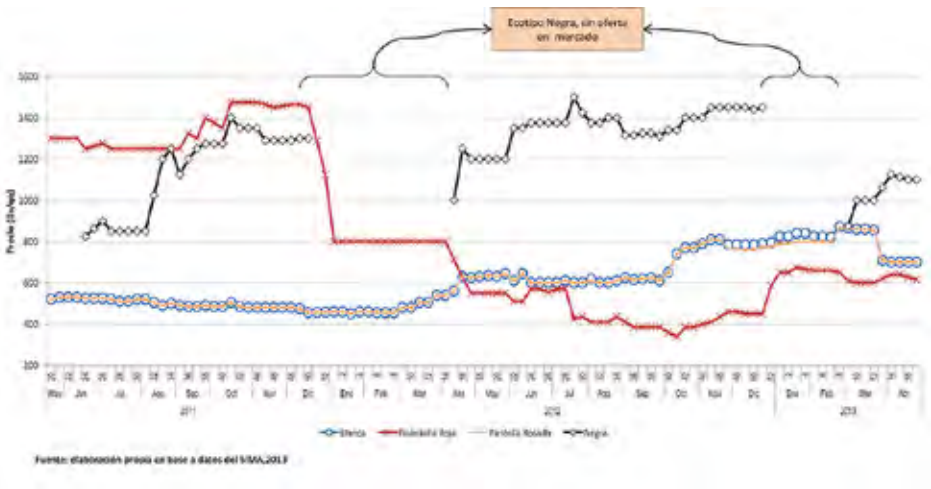


Figura 3.
Precios promedio nominales de diferentes ecotipos de Quinua Real.

El ecotipo Negra ha mantenido los mayores precios, duplicando o triplicando el precio del ecotipo Blanca. El sector productor no ha podido responder en su plenitud a estas señales, ya que se evidenciaron varias semanas en que la oferta de este producto fue nula.

La Feria Rural de Challapata, mercado de referencia de las quinuas reales

El crecimiento y desarrollo del sector productor de las quinuas reales es la respuesta a la demanda externa por este grano. En términos generales, las "señales" que parten de los actores externos recorren los sistemas de comercialización hasta llegar a los productores y éstos, en función de sus expectativas, deciden la superficie y los ecotipos a sembrar.

Las señales de la demanda externa, por diferentes medios, se refleja en la Feria Rural de Challapata. Por el lado de la oferta, la producción de las quinuas reales se canaliza, en una proporción importante, por los sistemas de comercialización establecidos para los mercados de exportación, otra proporción se dirige a la feria rural de Challapata, reflejando el comportamiento de la oferta en ese mercado. De esta manera, las fuerzas de la demanda y oferta fijan los precios semanalmente de los ecotipos de las quinuas reales convencionales en la citada feria (Ver Figura 4).

Los precios que se fijan semanalmente en la Feria Rural de Challapata sirven de punto de referencia para fijar los precios de la quinua en los diferentes sistemas de comercialización que existen; también se utilizan para la fijación del precio de la quinua orgánica antes de su beneficiado. Este resultado concuerda con estudios previos efectuados por Soraide (¿2008?) y Jaldin (2010).

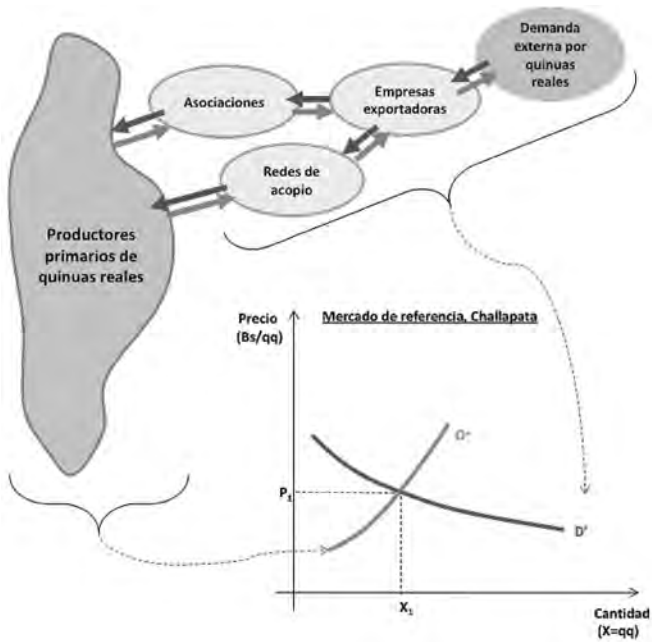


Figura 4.
Señales de la demanda por quinuas reales y el mercado de referencia.

Relación entre lugar y frecuencia de venta

Los resultados del sondeo realizado identifican dos variables importantes: lugar y frecuencia de venta; las 80 encuestas realizadas no son concluyentes para inferir sobre la población de productores de quinua; sin embargo, permiten aclarar los sistemas de comercialización existentes y el rol que tiene la información oportuna de precios de la feria de Challapata.

Los lugares de venta, según las entrevistas realizadas, se pueden clasificar en tres tipos genéricos: i) Venta a asociaciones (30 %), ii) Venta en Feria Rural de Challapata (60 %) y, iii) Venta a los rescatistas (10 %).

La cualidad que tiene la quinua para almacenarse por largos períodos de tiempo, permite a los productores realizar ventas con diferentes frecuencias, entre las que se identifica: i) Venta en la cosecha (45 %), ii) Esperar que suba el precio para vender (29 %), iii) Venta según necesidad (21 %) y, iv) Venta mensual (5%). Existen familias, que manifiestan utilizar varias frecuencias y diferentes lugares de venta. En la Figura 5 se ha esquematizado los escenarios encontrados en relación a estas dos variables.



Figura 5.
Relación entre el lugar y frecuencia de venta de la producción de quinua.

Efectos del sistema de información de precios del SIMA

El estudio "Cobertura y audiencia de la información de precios del SIMA" (Pinto, 2011) realizó encuestas de percepción en el Municipio de Salinas de Garci Mendoza para indagar sobre los beneficios que existen en la divulgación de información de precios a través de medios radiales (Radio Bahái) a nivel de las familias productoras; los resulta-

dos mostraron que aproximadamente el 63 % de las familias escuchan los precios y de este total, el 80 % afirma que la información actualizada les ha servido para poder negociar mejor su producción en las ventas realizadas.

Al sistema de información radial se ha añadido la información personalizada de las Ferias Rurales de Challapata, Caracollo y Lahuachaca disponibles a través de internet.

Se ha concluido satisfactoriamente con la prueba piloto de mensajes cortos (SMS) por telefonía móvil[10], el siguiente paso será ofertar el servicio como una contribución más a la sociedad.

Conclusiones

En base a los resultados alcanzados por el presente trabajo se ha llegado a las siguientes conclusiones:

- Entre noviembre de 2008 y abril de 2013 los precios nominales y reales de la quinua real Blanca no han mostrado una tendencia positiva, al margen de sus fluctuaciones estacionales. En el período analizado el comportamiento de los precios se resume en el siguiente cuadro.

Estadígrafo	Precios Nominales	Precios Reales
Promedio	619.33	495.66
Mínimo	450.00	337.10
Máximo	872.50	662.76
Desviación Estándar	106.89	92.87

- El sistema de producción anual y la buena capacidad de almacenaje de los diferentes ecotipos de quinuas reales evidencia características de estacionalidad en los precios fijados en la Feria Rural de Challapata. La quinua real Blanca presenta una oferta estable a lo largo de un año calendario y se identifica una frecuencia alta de precios bajos en los meses de julio a septiembre. Los precios altos se presentan, con mayor frecuencia, en los meses de enero, febrero, marzo, abril y diciembre; entre mayo y junio, los precios tienden a bajar y, entre octubre y noviembre tienden a subir.
- Los precios de los ecotipos de quinuas reales Blanca y Pantela Rosada son casi idénticos; esto se debe a que este último, en el proceso de escarificado pierde su pigmentación.
- El precio del ecotipo Pisankalla Roja sufrió cambios drásticos, pasando de tener los mayores valores de cotización (aproximadamente 1300 Bs/qq, durante la gestión 2011) a los más bajos de todos los ecotipos durante las gestiones 2012 y 2013 (aproximadamente 500 Bs/qq). De acuerdo a las entrevistas realizadas, las causas de este descenso se deben a una disminución en la demanda externa por este ecotipo.

10 El servicio de SMS es un esfuerzo de Fundación Valles y Encuentro Productivo (iniciativa de la Cooperación Suiza en Bolivia)

- El precio del ecotipo Negra mantiene, en forma estable, sus precios por encima de todas las quinuas reales (entre 1200 a 1450 Bs/qq); sin embargo, su oferta no es estable, existiendo varios días de feria sin presencia en el Feria Rural de Challapata, debido a que su producción es reducida.
- La Feria Rural de Challapata tiene todos los atributos para denominarse, en la nomenclatura económica clásica, como un "mercado perfecto". Su rol es sobresaliente en la fijación de precios como consecuencia de la oferta y la demanda, ya que no es afectada por distorsiones externas. Los precios fijados semanalmente, son la referencia para diversos sistemas de comercialización de quinuas convencionales y quinuas orgánicas.
- Si bien la muestra utilizada en el sondeo realizado no permite hacer inferencias a la población de familias productoras de quinua, se ha podido identificar tres actores principales de venta de quinua: asociaciones, Feria Rural de Challapata y rescatistas. Desde la óptica de las familias productoras, se han identificado diferentes frecuencias de venta de grano de quinuas reales: i) al finalizar el ciclo productivo (cosecha), ii) esperando mejores precios, iii) de acuerdo a necesidad y, iv) en forma mensual.
- El sistema de difusión radial de información de precios permite que los diferentes actores puedan realizar transacciones más equitativas. Este mecanismo se caracteriza por ser masivo y no selectivo.
- No se tienen estudios de efectos o impacto de los sistemas difusión por internet y SMS en el sector de la quinua en Bolivia; en el corto plazo se podrán evaluar estas nuevas iniciativas de difusión.

Referencias citadas

Aroni, G., A. Bonifacio, J. Aroni, R. Quispe. 2005. Producción orgánica de la quinua real. Fundación PROINPA. Cochabamba, Bolivia. 11 p.

Instituto Boliviano de Comercio Exterior (IBCE). 2013. La quinua boliviana traspasa fronteras para el comercio mundial. Santa Cruz, Bolivia. 28 p.

Jaldin, R. 2010. Producción de quinua en Oruro y Potosí. Estudios de investigación temática Programa de Investigación Estratégica de Bolivia (PIEB). La Paz, Bolivia. 108 p.

Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras (MDRyT), Consejo Nacional de Comercializadores y Productores de Quinua (CONACOPROQ). 2009. Política Nacional de la Quinua. La Paz, Bolivia. 134 p.

Pinto, E. 2011. Cobertura y audiencia de la información de precios del SIMA en el área de acción del Proyecto ISA. Proyecto Integrado de Seguridad Alimentaria. Cochabamba, Bolivia. 54 p.

Soraide, D. ¿2008? Comercialización de la quinua real producida en el Altiplano Sur de Bolivia. 12 p.

Flor de quinua: una alternativa económica para familias del altiplano boliviano

Claudia Sainz; Paúl Meruvia; Roberto Quispe; Lidia Humérez; Klaivert Pol.

Fundación Valles.

E-mail: csainz@fundacionvalles.org

Resumen

Recorriendo el altiplano el año 2005, buscando nuevas oportunidades para combatir la pobreza en esa zona del país, salta a la vista el cultivo de quinua creciendo en ese medio hostil, natural para ella, con su flor de gran belleza y salvaje exotismo. De ahí nació la idea de transformar su hermosa panoja en una flor ornamental; el camino que había que recorrer era muy largo para conseguir el objetivo de buscar variedades adecuadas, procesarlas, transformarlas, inmortalizarlas y comercializarlas. Asumiendo el reto, el año 2006 el Proyecto "Acceso a Mercados y Alivio a la Pobreza (MAPA), con financiamiento de la Embajada Real de Dinamarca y de la Agencia Internacional de los Estados Unidos en Bolivia, decidió dar origen a una nueva y original oportunidad de generación de ingresos a través de la inmortalización de la flor de quinua que beneficiaría a los productores de quinua del altiplano boliviano. El proyecto fue realizado en dos etapas: la primera con una duración de dos años (2006-2008) permitió la validación del comportamiento de 16 accesiones de quinua obtenidas del Banco de Germoplasma ubicado en Quipa Quipani y administrado por la Fundación PROINPA; también se investigó la metodología del proceso de inmortalización de la flor de quinua y se identificó un grupo de mujeres de escasos recursos, que serían más adelante, las principales actrices del proyecto y una segunda etapa que duró dos años (2009-2010), en la que se apoyó el fortalecimiento del acopio, transformación y comercialización de las flores de quinua, creando una empresa rural llamada Quinua Flor SRL administrada por el grupo de mujeres capacitadas en producción de quinua para flor, cosecha, poscosecha y transformación, manufactura de arreglos florales con el apoyo de consultores extranjeros expertos y la comercialización de las flores participando en diversas ferias regionales y nacionales, además de varios envíos de exportación.

Palabras claves: Quinua; flor; alternativa económica; mujeres.

Introducción

El altiplano boliviano presenta limitaciones muy acentuadas en la producción agrícola-pecuaria debido a la existencia de grandes extensiones de terrenos con baja fertilidad, con suelos degradados por erosión hídrica, eólica y mal uso de prácticas agrícolas y por lo general no aptos para la producción agrícola convencional.

Gran parte de los procesos productivos en la región se centran en la labor agropecuaria tradicional a escalas muy bajas, con resultados de subsistencia, los cuales se reflejan en el elevado índice de migración de la población rural-comunitaria, a los centros urbanos, en busca de nuevas oportunidades económicas ajenas a las labores de producción agrícola-pecuaria.

De acuerdo a este panorama, el altiplano boliviano ofrece pocas oportunidades de solución para aliviar las condiciones de pobreza en estas regiones, siendo los rubros más destacados y que generan utilidades limitadas a los agricultores, la crianza de ganado camélido y el cultivo de quinua.

El proyecto "Fortalecimiento del acopio, transformación y comercialización de flores de quinua" tuvo como objetivo principal la generación de ingresos a los actores de la cadena productiva de quinua en general y a un grupo de madres denominado PAS-Caracollo en específico, a través del acopio de panojas de quinua para su transformación en flores de tipo ornamental, la creación de una unidad de negocios "Quinua Flor SRL" de tipo empresarial dedicada a la inmortalización, comercialización y apertura de mercados locales, nacionales e internacionales.



Figura 1.
Campo de quinua en el altiplano y ensayo de validación de accesiones.

Metodología y resultados

Selección y validación de accesiones de quinua

El trabajo comenzó el año 2006 con una visita al banco de germoplasma de quinua ubicado en Quipa Quipani en el departamento de La Paz, donde acompañados por el Dr.

Alejandro Bonifacio, se realizó un recorrido por parcelas de quinua correspondientes a los ensayos de refrescamiento de semilla del Banco de Germoplasma (que contiene más de 2000 accesiones). Durante la visita se pudo apreciar plantas con panojas de formas, tamaños y color muy diversos. A partir de ahí se realizó la pre-selección de algunas accesiones que presentaban panojas delgadas, espigadas y elegantes que podrían dar lugar a vistosas flores ornamentales.

En una primera fase del proyecto se ensayaron 16 accesiones de quinua de diferentes tonalidades y características para identificar las panojas que se adaptaban mejor a un doble propósito: producción de flores de tipo ornamental y producción de grano para consumo.

El ensayo se implementó en una parcela de validación en Pasto Grande, comunidad ubicada en el Municipio de Caracollo, Provincia Cercado del departamento de Oruro. Como resultado, se seleccionaron las siguientes accesiones: Lacapucara roja, L-118, Sayaña, Surumi, Intinayra y Chullpi café. Las demás se descartaron por su ciclo tardío, baja productividad, forma inadecuada de la panoja para flor de corte y porque no eran apetecidas para consumo y venta como quinua grano. La idea de seleccionar accesiones con buen sabor y calidad de grano, es que no todas las panojas de una parcela son cosechadas para flor, solo se cosechan aquellas que tienen las características deseadas y el resto de la parcela permanece para producción de grano para consumo y venta.

Producción, cosecha y poscosecha de panojas para flor de quinua

Al ser la flor el tema central del proyecto, se realizó un estudio completo de la inflorescencia y se definieron aspectos como la diferenciación floral, el desarrollo y la maduración de la flor y las distintas etapas de grano: estado lechoso, pastoso y grano duro (que corresponde al punto de cosecha para grano) para determinar el momento óptimo de la cosecha y lograr mayor eficiencia en el proceso de transformación.

Producción.- La quinua es sembrada después del invierno, su adaptación a las condiciones del altiplano boliviano le permiten germinar con muy poca humedad edáfica y a bajas temperaturas, que oscilan entre 1 y 3 grados centígrados. El desarrollo y ramificación ocurre a temperaturas templadas desde 5 hasta 15 grados centígrados, que son las temperaturas del altiplano a inicios de la primavera. La floración y madurez se producen a temperaturas de 16 a 22 grados centígrados al inicio del verano altiplánico. Estas condiciones fueron validadas durante el ensayo.

Bajo estas condiciones, el inicio de la floración se dio entre los 100 y 130 días después de la germinación, dependiendo de la variedad o accesión. Las panojas son racimos de flores distribuidos alrededor de un tallo central y ordenados helicoidalmente con hojas florales en la base de cada racimo. La forma de la panoja puede ser glomerulada cuando los racimos de flores forman una estructura ancha y globosa, o amarantiforme si forman una estructura alargada y a manera de lanza. La panoja de tipo amarantiforme es la que se seleccionó para transformarla en flor ornamental justamente por su estructura delgada, alargada y elegante.



Figura 2.
Panoja de quinua tipo glomerulada y amarantiforme, según orden de presentación.

Los colores de las flores de quinua son muy variados, existen panojas de color blanco, rosado, púrpura, amarillo, marrón, gris, negro, rojo, verde y otras tonalidades. Este fenómeno se debe a la gran variabilidad genética de la especie. La intensidad del color de la panoja puede ser clara, mediana u oscura, dependiendo de la densidad de la inflorescencia: laxa, intermedia o compacta.

Después del desarrollo completo de la inflorescencia, la planta detiene su crecimiento. Se observan plantas de alturas que van desde 0,75m hasta 1,80m. En condiciones normales, las panojas de quinua pueden medir desde 20 hasta 50cm y su ancho en la parte más gruesa varía desde 3 hasta 12cm de diámetro.

La flor se compone de dos partes: la panoja y el tallo. Ambas deben lucir casi perfectas en su conformación y deben ser proporcionales. La longitud del tallo más la longitud de la panoja dan el largo total de la flor. La panoja tiene que ser un tercio de esta medida y el tallo los dos tercios restantes para ser estéticamente aceptables.

Se debe tener en cuenta un principio básico que se ha expresado en el proyecto y es el doble propósito del producto. Aquellas panojas que no vayan a ser utilizadas para flor servirán después para grano con fines alimentarios por lo que no deben ser cortadas hasta que alcancen el punto óptimo de cosecha para quinua grano.

Para conseguir que haya quinuas en punto de corte ideal durante un tiempo extendido, pues todo no se podría procesar a la vez y menos realizar el tratamiento de inmortalización, hay que programar siembras escalonadas durante el período que se puede extender por 3, 4 o más meses a partir de agosto. Se deben realizar siembras cada diez días con las variedades elegidas y tener control sobre la producción.

Cosecha y poscosecha.- La cosecha de las panojas debe realizarse cuando el grano está entre estado lechoso y pastoso, antes de que se consolide la formación del grano.

Se han validado cortes en diferentes etapas del desarrollo de la flor:

- Cuando se cosecha en el punto de flor formada con color definido sin formar grano, la panoja es aún inmadura y tierna. Si se corta en este punto, la flor no se estabiliza y se deshidrata rápidamente. Posteriormente, no aguanta el tratamiento y se cae.
- Si se cosecha la flor madura o sobremadura, con grano ya formado, una vez realizado el tratamiento de inmortalización, el grano comienza a desgranar, entonces hay que sacarlo, actividad que resulta muy dispendiosa y ocupa mucha mano de obra y tiempo.
- El punto ideal de cosecha para realizar el tratamiento de inmortalización, es un intermedio entre grano lechoso y grano pastoso, se requiere un poco de práctica para encontrar este punto.

La flor cortada de la quinua tiene diferentes tamaños y pesos. Un corte normal de un cultivo que no se ha sembrado para el propósito de flor puede ser muy heterogéneo, encontrándose desde tallos muy largos y gruesos, con panojas grandes, hasta tallos delgados, con panojas muy pequeñas.

En la poscosecha de la flor de quinua es necesario identificar desde el principio criterios básicos de manejo que deben tomarse en cuenta y aplicarse desde el momento de la cosecha en campo. Es decir, antes de cortar los tallos, se debe realizar una preselección evitando cosechar aquellas panojas que no van a ser beneficiadas, dejándolas para producción de grano. Deben descartarse las flores demasiado grandes con panojas muy gruesas, que son muy bellas, pero no se pueden comercializar ni empacar adecuadamente en cajas convencionales. De la misma forma se debe proceder con las panojas demasiado pequeñas. Si se seleccionan las variedades con buenas características para flor, el material obtenido será más homogéneo y la clasificación y selección se simplifican.

La flor debe ser llevada del corte al sitio de acopio y procesada a la brevedad posible para evitar deterioro en la calidad de las flores. La flor de quinua es tratada como cualquier otra flor de corte en fresco. Los procesos de selección, clasificación e inicio del procedimiento de inmortalización deben hacerse de inmediato.

El corte de las flores de quinua debe ser limpio, buscando la mayor longitud posible y evitando dañar el tallo. Debe realizarse en horas tempranas de la mañana o bien en la tarde, cuando la temperatura comience a descender. En cualquier caso se busca que los tallos estén bien hidratados y resistan el transporte al centro de procesamiento.

Acopio y transporte de panojas

Después de cosechada y acopiada en el cultivo, la flor se introduce ordenadamente en cajas de carton plast, material plástico corrugado muy fuerte y durable, resistente al manipuleo que dan buena protección a las flores durante el transporte. En cada caja se pueden colocar entre 100 y 150 tallos. Las cajas son fáciles de transportar en carro de

tracción, tractor o camión para acercar la flor al centro de acopio y proceder inmediatamente a su selección y clasificación.

Selección y clasificación de panojas

Para la clasificación se usaron mesas grandes marcadas con las diferentes dimensiones de las panojas cada 10 cm. El objetivo de la selección y clasificación de las flores es obtener un producto homogéneo. Se clasifican las panojas en categorías según tamaño, cada flor individual debe ser casi idéntica a la otra. Mantener este parámetro es una norma en la presentación de las flores.

Durante la selección , se descartan las flores que no cumplen las características deseadas como ser aquellas panojas con tallos muy gruesos o muy delgados, con presencia de enfermedades fungosas o daños por insectos, panojas con granos formados, flácidas y/o deshidratadas, sin ápice, que no tengan la proporción requerida tallo/flor, panojas partidas, etc.

Se capacitó a un grupo de madres para trabajar en la selección y clasificación de las flores. Estas mujeres, organizadas en turnos, trabajan en forma alternada en el centro de transformación y la atención a 60 niños en la guardería de PAS-Caracollo.



Figura 3.
Acopio de panojas y procesos de inmortalización de las flores.

Transformación de la flor de quinua

Para realizar el proceso de transformación o inmortalización de la flor de quinua se utilizó un proceso de glicerinado y tinción que ya estaba siendo utilizado en otras especies ornamentales (baby eucalipto) y florales.

Para llevar a cabo el trabajo, se creó una infraestructura especial en el centro de acopio. Consiste en un invernadero de cubierta de polietileno para poder controlar hasta donde sea posible tres factores fundamentales en el procedimiento: temperatura, humedad relativa y luminosidad, aspectos que regulan la velocidad del proceso, que entre más corto sea, es más eficiente.

Aprovechando el efecto invernadero, se procuró temperaturas superiores a 35 grados centígrados en el día y no menos de 20 grados centígrados en la noche. Eventualmente se utilizaron sistemas de calefacción.

Una vez cortado el tallo de la quinua, como en cualquier otra flor cortada, los procesos de respiración, transpiración y translocación de solutos continúan, entonces hay pérdida de agua en los tejidos. Cuando se vuelve a colocar el tallo de la flor en cualquier solución, esta se rehidrata ávidamente. Este comportamiento fisiológico es el que se aprovecha para la absorción de glicerina y colorantes.

El proceso de inmortalización y tinción requiere que el agua de la solución esté a temperatura superior a la del ambiente facilitando la disolución de la glicerina. Por este efecto la tensión de la solución es menor y los tallos absorben más fácilmente las tinturas. Se implementó un sistema de agua caliente que circule y mantenga la temperatura del líquido sobre 25 grados centígrados. Con la adecuación de estas condiciones, se logró acelerar el proceso hasta 1 o 2 días como máximo, siendo que en condiciones ambientales naturales podría durar semanas.

Se ha comprobado también que la luz acelera el proceso de teñido de flores ya que las hojas ayudan a succionar la solución, traslocando el agua y realizando el proceso de fotosíntesis. Por este fenómeno, la luz es indispensable en el procedimiento, por lo cual la luz natural fue reforzada durante el día y reemplazada por luz artificial en las noches. Por la misma razón las hojas de la flor no se retiraron sino hasta después del teñido.

La solución para la tinción de las flores consiste en 8 litros de agua caliente a los que se adiciona 1 litro de glicerina, se homogeniza mediante agitación continua manteniendo la temperatura del agua y se adicionan 5 gramos de tintura vegetal. Se agita la solución vigorosamente hasta lograr su completa homogeneización.

Los pasos a seguir en el procedimiento de inmortalización son:

- Colocar la solución preparada en los trípodes de tinción.
- Cortar la base del tallo de las flores.
- Colocar las flores clasificadas por tamaños y colores en las plataformas de tinción
- Esperar a que las flores se tiñan (1 a 2 días dependiendo de la variedad, la temperatura, la radiación y la luminosidad).
- Retirar las flores del trípode y colocarlas volcadas en un ambiente caliente y húmedo para su secado. En este punto pueden permanecer de 3 a 6 días hasta que sequen completamente y adquieran la textura suave, esponjosa y flexible ideal.

Para la selección de tintes, se procuró fijar el color natural de la panoja tratando de resaltar e inmortalizar las características propias de cada variedad. Una combinación inadecuada de color de panoja y tinte dio como resultados panojas con colores no uniformes o poco naturales.

Conformación de la Empresa Quinua Flor SRL

La empresa Quinua Flor SRL fue creada para apoyar a un grupo de 45 mujeres emprendedoras con escasos recursos económicos, las cuales estaban a cargo de una guardería denominada PAS-Caracollo que alberga alrededor de 60 niños ubicada en el Municipio de Caracollo, Departamento de Oruro. Estas mujeres fueron capacitadas en todos los procesos que forman parte de la transformación de panojas y aprovechando los terrenos de la guardería fue adecuada, se implementó un centro de acopio y transformación que brinda a las socias de la empresa los espacios y herramientas adecuadas para la producción masiva de flores de quinua con estándares de calidad que les permiten competir en mercados locales, nacionales e internacionales.

Con apoyo del proyecto se ampliaron las instalaciones del centro de procesamiento con la construcción de una oficina, sala de proceso, sala de almacenaje, ambiente de secado y recepción de panojas, mesas de clasificación, mesas de secado y gavetas para lograr la producción organizada y de alta calidad de las flores de quinua.



Figura 4.
Mujeres de la Empresa Quinua Flor SRL y centro de procesamiento.

Las socias de la empresa trabajan en las diferentes actividades que involucran las inmortalización de las flores de quinua bajo un esquema que permite organizar turnos para cada una de las etapas del proceso de transformación de las flores y en función de los requerimientos del proceso de producción. Este trabajo es retribuido en forma de honorarios por el número de jornales trabajados, siendo que las utilidades de la empresa están destinadas al fortalecimiento de la empresa y al mantenimiento de la guardería.

Entre los beneficiarios indirectos del proyecto se encuentran 288 productores de quinua que se dedican netamente a la producción de grano y que a su vez venden panojas a las socias de la empresa quienes van a las parcelas, seleccionan y cosechan las panojas de acuerdo a las características que se requieren para la inmortalización de las flores. En total se tienen 367 familias beneficiadas entre las que se encuentran las

familias de los productores, las socias de la empresa Quinua Flor SRL y otras operarias contratadas para el proceso de inmortalización de las flores de quinua.

Las socias y operarias de la empresa son en su totalidad mujeres de bajos recursos, de edad avanzada, madres solteras y jóvenes que lograron un empleo con un ingreso económico aceptable y seguro, condiciones que sin el proyecto hubieran sido muy difíciles de alcanzar.

Para alcanzar los niveles de calidad que permitan competir en los mercados de flores secas, se apoyó a la empresa con consultores expertos a nivel internacional en temas de transformación de flores, selección de tintes y elaboración de arreglos florales en función de las tendencias de los mercados nacional e internacional.

Durante la vida de proyecto se acopiaron 193.957 unidades que se utilizaron para el proceso de inmortalización, de las cuales se tuvo un 6% de pérdida del total de panojas cosechadas en campo dando lugar a la inmortalización de 182.364 panojas. Las panojas pequeñas o de menor calidad fueron aprovechadas para la elaboración de arreglos minimizando el porcentaje de pérdidas por descarte.

Promoción y Comercialización

Para la difusión de este producto se realizaron eventos de promoción en los departamentos de La Paz, Oruro, Cochabamba, Santa Cruz, Tarija, Sucre y Potosí.



Figura 5.
Arreglos florales e inauguración del Año Internacional de la Quinua.

La promoción y comercialización se realizaron participando en eventos tales como el IV Congreso Mundial de Quinua llevado a cabo en la ciudad de Oruro-Bolivia, participación en seis ferias a nivel nacional, una a nivel internacional (Perú), participación en diferentes exposiciones florales, participación en cuatro ruedas de negocios, publicación de artículos de prensa, notas televisivas, la creación de un sitio web: www.quinuaflor.com y la venta directa de los productos en campañas programadas para el día de la madre, del padre, de los enamorados y otros días festivos.

A nivel internacional, se abarcaron los países España, Italia, Venezuela, Suiza, Alemania, Brasil, Argentina, Uruguay y Estados Unidos por conceptos de venta directa y muestras comerciales de ramos y arreglos florales en base a flores de quinua.

De acuerdo a los registros de ventas realizadas durante la vida del proyecto, se despacharon 656 ramos, 5.303 panojas individuales y 470 arreglos florales, haciendo un total de 25.417 panojas comercializadas. El total de ventas y despachos de muestras comerciales asciende a 31.687 panojas.

Dos años después de concluido el proyecto, el grupo de mujeres de Caracollo continúa comercializando la flor de quinua a través de la empresa Quinua Flor SRL.

Uno de los últimos eventos en que las flores fueron difundidas fue la Inauguración del Año Internacional de la Quinua en la sede de las Naciones Unidas en Nueva York en febrero de 2013

Conclusiones

- Una visión original e innovadora sobre la utilización de la belleza exótica de las flores de quinua permitió el surgimiento de oportunidades de reducción de la pobreza en regiones de alta vulnerabilidad a la inseguridad alimentaria como el altiplano boliviano.
- El éxito comercial de la venta de flores de quinua ha permitido a un grupo de familias lideradas por mujeres en situación de desventaja, contar con un ingreso seguro para el mantenimiento de la familia.
- Si bien el proceso de inmortalización y comercialización de flores de quinua se encuentra en una etapa avanzada, el desarrollo de las innovaciones metodológicas ha permitido vencer dificultades sociales, climáticas y técnicas que han enriquecido el proceso de aprendizaje.
- La inmortalización de las flores de quinua ha resultado exitosa en temas de innovación, inclusión social de género y generacional y también en el ámbito económico, y ha permitido identificar que la oferta de flores secas en Bolivia es limitada, reduciendo las posibilidades de elaborar arreglos de flores de quinua decorados con otros tipos de plantas deshidratadas para lograr un producto con mayor atractivo comercial.
- El éxito en el mercado nacional se ha enfocado principalmente en la elaboración de arreglos por florerías para grandes ambientes o eventos, sin embargo el mercado doméstico todavía no ha sido conquistado.
- La promoción de las flores de quinua nos ha permitido identificar mercados internacionales que no han podido ser satisfechos debido a la imposibilidad de cumplir con sus requerimientos en cuanto a estándares de calidad y volumen.

Recomendaciones

- En el caso de parcelas para producción de flores de quinua, se recomienda utilizar mayor densidad de siembra, las plantas compiten al crecer y desarrollan tallos largos y rectos, deseables para el proceso de inmortalización.
- El seguimiento al desarrollo del cultivo deberá intensificarse en la fase de inicio de floración hasta el estado lechoso, momento después del cual se realiza el corte de la panoja para su inmortalización.
- Para lograr disponibilidad de tallos en punto de corte ideal durante un tiempo extendido, se deben realizar siembras cada diez días y tener control sobre la producción.
- La disposición de los trípodes de tinción deberán estar orientados de tal manera que las panojas durante el proceso no se encuentren bajo sombra, ya que la coloración de la panoja resultante no es uniforme.

Referencias citadas

Aroni, G., A. Bonifacio, J. Aroni, R. Quispe. 2005. Producción orgánica de la quinua real. Fundación PROINPA. Cochabamba, Bolivia. 11 p.

Garzón, L.H. 2006. Informe de Consultoría Nuevas Oportunidades en el Altiplano Central. Proyecto MAPA. Cochabamba, Bolivia.

Meruvia, P., C. Sainz. 2010. Informe Final Proyecto Fortalecimiento del acopio, transformación y comercialización de flores de quinua. Proyecto MAPA. Cochabamba, Bolivia.

Impacto de las estrategias de desarrollo nutricional a través de la economía con rostro humano: Caso Quinua

Elva Gisbert[1]; Francisco Javier Varas.

[1]Coordinación Departamental UNI Tarija

E-mail: fvplanificacion@yahoo.com

Resumen

El retardo en el crecimiento o desnutrición crónica tiene consecuencias nefastas para el desarrollo intelectual de los niños y niñas. Como menciona la encuesta Nacional de Desarrollo y Salud (ENDSA 2008) el 27% de los niños bolivianos presentan ya desnutrición crónica, estos niveles son elevados especialmente entre las familias más pobres y aquellas que viven en medios rurales y solo disminuyó en 5 puntos a nivel nacional (ENDSA 2003- 2008) utilizando el mismo patrón de referencia.

Estudios recientes demuestran que este retardo en el crecimiento a los 2 años de vida representa ya un retraso en desarrollo intelectual, porque al llegar a la escuela estos niños presentaran niveles de concentración y aprendizaje inferiores a los observados en los niños con crecimiento normal. La desnutrición crónica aumenta el riesgo de repetición de grado y abandono escolar.

La consecuencia de la deficiencia de micronutrientes sobre el desarrollo intelectual y el rendimiento escolar es también muy importante, se ha observado que en poblaciones donde la deficiencia de yodo es endémica, el coeficiente intelectual promedio se reduce 13,5 puntos. Esta deficiencia de yodo limita el desarrollo intelectual y la capacidad de aprendizaje de manera irreversible.

La desnutrición permanente se considera un gran problema de la población, pues 2 mil millones de personas sufren deficiencias graves de micronutrientes (vitaminas y minerales) en su alimentación, lo que ocasiona un inadecuado crecimiento y desarrollo, ya que no basta consumir alimentos que satisfagan las necesidades meramente energéticas de cada individuo si no también es necesario el consumo en cantidades adecuadas de estos nutrientes esenciales. Por otra parte se ha circunscrito el estudio de la quinua solamente en el altiplano boliviano, cuando la quinua puede producirse en zona templadas. Así en Tarija se tienen diferentes pisos ecológicos que van desde los 300 m. hasta los 4000 msnm. Situación similar existe en resto de los valles del País.

Actualmente el precio de la quinua por kg en los mercados populares de abasto oscila entre los 28 a 30 Bs y en los supermercados hasta en 40 Bs. A estos precios, es inaccesible su compra para una familia que tiene un salario mensual mínimo de 2000 Bs.

El estudio muestra dos componentes, el primero, de nutrición, tomando como base alimentaria a la utilización del producto quinua con la finalidad de mejorar la calidad de vida de la población más vulnerable niños y niñas menores de 5 años. El segundo plantea opciones de consumo más estrategias productivo-organizacionales respecto al objeto de estudio. Con ambos estudios que no son excluyentes se pretende esbozar estrategias de base social que permitan llegar a la gente de base, ante la mezquindad y desigualdad de la organización social existente donde hay un resquebrajamiento en las relaciones entre representantes sociales y la sociedad misma.

Palabras claves: Estrategia; nutrición; quinua.

Introducción

Grandes sectores de la población boliviana viven en condiciones de pobreza, sufriendo exclusión social, económica y cultural condicionando la aparición y mantenimiento de uno de los principales problemas de salud del país, la desnutrición y mal nutrición de la niñez. Según datos del VAM BOLIVIA 2012: Vulnerabilidad a la Inseguridad Alimentaria a nivel Municipal. El Índice de Vulnerabilidad a la Inseguridad alimentaria permite ver la capacidad de respuesta que tienen los municipios en situaciones de crisis y emergencias. Nos muestra que de 314 municipios vulnerables se incrementaron a 339 municipios, aumentando más los de media vulnerabilidad de un 50 a un 64 % desde el 2003 al 2012.

Este dato permite realizar ajustes y seguimiento de planes sectoriales de desarrollo, programas y proyectos por componentes de la seguridad alimentaria con soberanía, guiando a una sostenibilidad de las estrategias de alimentación en los diferentes niveles de gestión. Y de esta manera promover y aplicar prácticas alimentarias saludables a través de las UNI (Unidades de Nutrición Integral en todo el territorio). En vista de que el Estado tiene la obligación de garantizar la seguridad alimentaria, a través de una alimentación sana, adecuada y suficiente para toda la población.

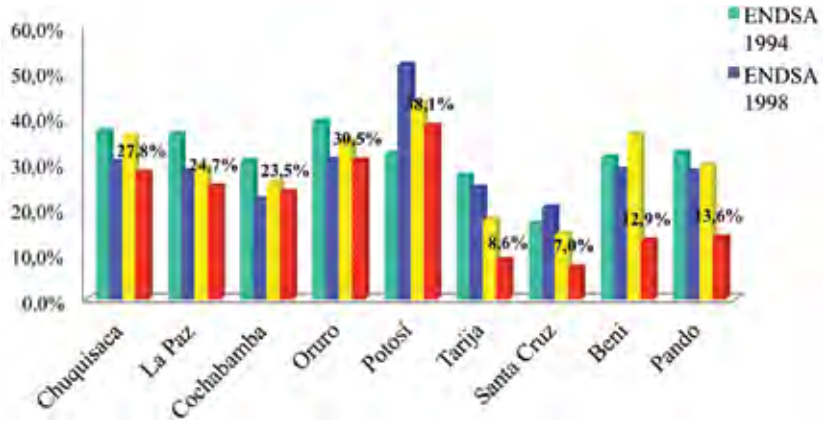


Figura 1.
Evolución histórica de la desnutrición crónica (talla baja) 3 a 23 meses – ENDSA 1994 , 1998,2003 y 2008 - OMS 2006, Bolivia por departamento.

En Tarija, a pesar de ser uno de los departamentos con mayores ingresos por concepto de regalías del gas, la desnutrición infantil en el último decenio ha mostrado un decremento considerable en los indicadores nutricionales (del 18% en el año 2003 al 8.6 % en el año 2008). Si bien existe el 10% de disminución, no es la magnitud que se esperaba después de la implementación de varios programas orientados a superar metas del milenio.

Los programas de prevención de salud existentes, no han valorado a fondo al tema de calidad alimentaria conformado principalmente por el grupo de alimentos reguladores; la existencia de elementos nutricionales esenciales, que se encuentran en pequeñas cantidades en los alimentos y que no cubren las recomendaciones nutricionales.

Es necesaria e importante la parte vitamínica suplementaria que en este grupo objetivo no se viene trabajando y puesto que esta además de cubrir requerimientos diarios que permitiría un mejor desempeño escolar y estaría previniendo enfermedades crónicas que a larga se convertirán en problemas de salud publica importantes. En este marco de análisis el problema sería: *El grupo de alimentos reguladores, la existencia de elementos nutricionales esenciales, que se encuentran en pequeñas cantidades en los alimentos y que no cubren las recomendaciones nutricionales, contribuyen en los grupos más vulnerables (niños y niñas en edad pre escolar) no mejoren su calidad alimentaria*.

Primera parte: Nutrición

Objetivo general

Realizar una investigación experimental con la finalidad de determinar la prevalencia de desnutrición en la población infantil en la provincia Cercado del Departamento de Tarija.

Objetivos específicos

- Determinar el estado nutricional y el realizar el seguimiento nutricional de 27 niños y niñas con desnutrición crónica y aguda moderada referidos a la UNI de Cercado Tarija.
- Incorporar a través de un recetario la inclusión de la quinua como un suplemento nutricional con contenido vitamínico acorde a las recomendaciones dietéticas en la dieta infantil, para contribuir a palear las carencias nutricionales existentes.
- Satisfacer en un 80% las recomendaciones dietéticas de micronutrientes con base en la quinua en los niños y niñas escolares de Cercado del departamento Tarija.

Material y métodos

Se emplearon equipo antropométrico y sala de capacitación de prácticas nutricionales de la Aldeas Infantiles SOS.

El equipo técnico de la presente investigación realizó el estudio nutricional en La Ciudad de Tarija, en el periodo comprendido entre agosto del año 2012 y febrero del 2013, con 27 familias que refirieron a la UNI de Cercado-Tarija ubicado en el Centro de Salud Aldeas Infantiles de la Calle Froilan Tejerina.

En cuanto al diseño experimental, se realizaron los siguientes controles de entrada: Se trabajo con 27 madres de niños y niños con desnutrición aguda moderada y con evidente talla baja para la edad. Con las mismas se planificaron sesiones educativas y la conformación de grupos de apoyo. Con las 27 madres se realizaron prácticas nutricionales y preparación de recetas nutritivas en base a quinua en 2 sesiones, con las respectivas visitas domiciliarias de control. En el caso de las madres con niños con desnutrición aguda moderada se prácticaron recetas nutritivas en base a quinua y maní. En el caso de niños y niñas con talla baja además de las recetas se enfatizó en el uso de micronutrientes como el zinc en jarabe y tabletas.

Con el resultado de 100% de incremento de peso en el caso de niños y niñas con desnutrición aguda moderada y 45% de recuperación en el caso de niños y niñas menores de 5 años identificados con la talla baja del grupo experimental, en función a la talla ideal para su edad.

Siguiendo las normas internacionales y utilizando instrumentos de precisión (Tallímetro estandarizado y balanza calibrada). Determinación de la edad exacta según fecha de nacimiento y fecha de control.

Utilizando las mediciones de peso y talla se han calculado los siguientes índices: ***a) Talla para la edad o desnutrición crónica.*** Los niveles de desnutrición crónica, es decir, retardo en el crecimiento en talla para la edad, se determina al comparar la talla del niño/niña con la esperada para su edad y sexo. Los niveles de desnutrición crónica en quienes están próximos a cumplir los cinco años (48-59 meses, por ejemplo), son un

indicador de los efectos acumulativos del retraso en el crecimiento. ***b) Peso para la talla o desnutrición aguda (emaciación).*** El peso para la talla es un indicador de desnutrición reciente, conocido también como desnutrición aguda o emaciación, que mide el efecto del deterioro en la alimentación y de la presencia de enfermedades en el pasado inmediato. Se diría que obedece a situaciones de coyuntura. ***c) Peso para la edad o desnutrición global (o general).*** El peso para la edad es considerado como un indicador general de la desnutrición, pues no diferencia la desnutrición crónica de la aguda, que se debería a factores estructurales de la sociedad, que corresponde a pérdida de peso reciente.

La evaluación del estado nutricional se hacía hasta hace poco comparando la población en estudio con el patrón tipo establecido como población de referencia por el Centro Nacional para Estadísticas de Salud (NCHS), la Organización Mundial de la Salud (OMS) y los Centros de Control de Enfermedades delos Estados Unidos (CDC).

La prevalencia de desnutrición en el presente estudio se calculó utilizando el nuevo patrón recomendado por la OMS basado en una muestra internacional (Brasil, Ghana, India, Noruega, Omán y los Estados Unidos). Y para evitar errores se comparó con los resultados obtenidos con los mismos datos trabajados con el software ANTRO en su última versión.

Cuadro 1.
Situación nutricional por indicadores observados.

Nombre	Sep-12				Grado de Nutrición antes del experimento		Educación alimentaria Nutricional	Feb-13			Grado de Nutrición después del experimento	
	Edad	Sexo	Peso	Talla	P/T	T/E		Edad	Peso	Talla	P/T	T/E
Ramos A	1a2m	M	8	75	Desnutrición Aguda Moderada	No Tiene Talla Baja	ATLU y RNQ	1a8m	8,8	82	No Tiene Desnutrición Aguda	No Tiene Talla Baja
Bravo A	1a10m	M	9,5	79	No Tiene Desnutrición Aguda	Tiene Talla Baja	RNQ	2a4m	10,5	84	No Tiene Desnutrición Aguda	No Tiene Talla Baja
Cruz B	1a7m	F	8,1	77	No Tiene Desnutrición Aguda	Tiene Talla Baja	RNQ	2a1m	9,5	81	No Tiene Desnutrición Aguda	No Tiene Talla Baja
Méndez E	3a8m	F	12	89	No Tiene Desnutrición Aguda	Tiene Talla Baja	RNQ	4a2m	13	95	No Tiene Desnutrición Aguda	No Tiene Talla Baja
Cisneros F	1a4m	M	8,5	73	No Tiene Desnutrición Aguda	Tiene Talla Baja	Re RNQ	1a 10m	10,4	81	No Tiene Desnutrición Aguda	No Tiene Talla Baja
Cruz J	1a3m	M	8,2	72	No Tiene Desnutrición Aguda	Tiene Talla Baja	RNQ	1a8m	9,6	79	No Tiene Desnutrición Aguda	No Tiene Talla Baja
Paredes M	1a8m	M	9	75	No Tiene Desnutrición Aguda	Tiene Talla Baja	RNQ	2a2m	10,9	83	No Tiene Desnutrición Aguda	No Tiene Talla Baja
Romero A	2a7m	M	9,2	79	No Tiene Desnutrición Aguda	Tiene Talla Baja	RNQ	3a1m	11,5	90	No Tiene Desnutrición Aguda	No Tiene Talla Baja
Melendres M	3m	M	6	66	Desnutrición Aguda Moderada	No Tiene Talla Baja	ATLU y RNQ	9m	7,9	74	No Tiene Desnutrición Aguda	No Tiene Talla Baja

Nombre	Sep-12				Grado de Nutrición antes del experimento		Educación alimentaria Nutricional	Feb-13			Grado de Nutrición después del experimento	
	Edad	Sexo	Peso	Talla	P/T	T/E		Edad	Peso	Talla	P/T	T/E
Melendres N	3m	M	5,1	64	Desnutrición Aguda Grave	No Tiene Talla Baja	ATLU y RNQ	9m	7,6	73	No Tiene Desnutrición Aguda	No Tiene Talla Baja
Jove J	8m	M	6,3	70	Desnutrición Aguda Grave	No Tiene Talla Baja	ATLU y RNQ	1a2m	8,6	78	No Tiene Desnutrición Aguda	No Tiene Talla Baja
Cazón A	3a1m	M	11	86	No Tiene Desnutrición Aguda	Tiene Talla Baja	RNQ	3a7m	12,5	93	No Tiene Desnutrición Aguda	No Tiene Talla Baja
Salvador J	1a5m	M	9	75	No Tiene Desnutrición Aguda	Tiene Talla Baja	RNQ	2a	10,5	82	No Tiene Desnutrición Aguda	No Tiene Talla Baja
Mamani L	4m	M	5,4	65	Desnutrición Aguda Grave	No Tiene Talla Baja	ATLU y RNQ	10m	7,9	74	No Tiene Desnutrición Aguda	No Tiene Talla Baja
Méndez Z	1a10m	F	9	78	No Tiene Desnutrición Aguda	Tiene Talla Baja	RNQ	2a4m	10,5	83	No Tiene Desnutrición Aguda	No Tiene Talla Baja
Trujillo J	2a4m	F	8,7	86	Desnutrición Aguda Grave	No Tiene Talla Baja	ATLU y RNQ	2a10m	10,6	90	No Tiene Desnutrición Aguda	No Tiene Talla Baja
Carbajal L	2a5m	F	10	88	Desnutrición Aguda Moderada	No Tiene Talla Baja	ATLU y RNQ	3a	11,2	92	No Tiene Desnutrición Aguda	No Tiene Talla Baja
Jurado F	1ª	M	8,1	77	Desnutrición Aguda Moderada	No Tiene Talla Baja	ATLU y RNQ	1a6m	9,1	83	No Tiene Desnutrición Aguda	No Tiene Talla Baja
Ortega A	8m	M	7	72	Desnutrición Aguda Moderada	No Tiene Talla Baja	ATLU y RNQ	1a2m	8,7	79	No Tiene Desnutrición Aguda	No Tiene Talla Baja
Choque L	1a8m	F	6,9	70	No Tiene Desnutrición Aguda	Tiene Talla Baja	RNQ	2a2m	9,5	81	No Tiene Desnutrición Aguda	No Tiene Talla Baja
Rodríguez J	3a6m	M	11,2	91	No Tiene Desnutrición Aguda	Tiene Talla Baja	RNQ	4a	12	95	No Tiene Desnutrición Aguda	No Tiene Talla Baja
Mamani L	6m	M	6,3	66	Desnutrición Aguda Moderada	No Tiene Talla Baja	ATLU y RNQ	1a	7,8	74	No Tiene Desnutrición Aguda	No Tiene Talla Baja
Arias M	2a7m	M	11	84	No Tiene Desnutrición Aguda	Tiene Talla Baja	RNQ	3a1m	12	90	No Tiene Desnutrición Aguda	No Tiene Talla Baja
Labra J	2a11m	M	11,8	86	No Tiene Desnutrición Aguda	Tiene Talla Baja	RNQ	3a5m	13	92	No Tiene Desnutrición Aguda	No Tiene Talla Baja
Carrizo A	1a3m	F	7	71,9	Desnutrición Aguda Moderada	Tiene Talla Baja	RNQ	1a9m	8,1	78	No Tiene Desnutrición Aguda	No Tiene Talla Baja
Janco L	3a7m	M	11,4	87	No Tiene Desnutrición Aguda	Tiene Talla Baja	RNQ	4a1m	13,5	96	No Tiene Desnutrición Aguda	No Tiene Talla Baja
Curzo Y	7m	F	8,6	62,5	Desnutrición Aguda Moderada	Tiene Talla Baja	RNQ	1a1m	8,2	70	No Tiene Desnutrición Aguda	No Tiene Talla Baja

Donde: ATLU y RNQ = Elaboración de ATLU y Recetas Nutritivas en base a Quinua; RNQ = Recetas Nutritivas en base a Quinua.

Descripción de hallazgos

- Durante la investigación se realizó un personalizado seguimiento y monitoreo nutricional a niños y niñas menores de 5 años con algún problema nutricional, se formuló recetas nutritivas en base a quinua, motivando e indicando a las madres en sesiones individuales, sobre la importancia de consumir este alimento. Una síntesis de los resultados se describe seguidamente.
- De 27 niños y niñas menores de 5 años, cuatro de ellos antes del experimento tenían desnutrición aguda grave, representando el 14,81 %, después del experimento de 6 meses ya no presentaron el cuadro de desnutrición aguda, y pasaron a No tiene Desnutrición Aguda.
- Del mismo universo 8 niños, el 29,62%, con desnutrición aguda moderada y que tenían talla baja, pasaron este umbral constatándose que no tienen talla baja ni algún grado de desnutrición aguda.

15 niños, el 55,57%, no presentaban desnutrición aguda y pasaron de tener talla baja a no tener talla baja.

Por tanto se concluye que la quinua permite mejora la talla, seguramente por su contenido nutricional y disminuye el grado de desnutrición aguda de los niños y niñas.

Segunda Parte: Impactos en el incremento del consumo de quinua

Los modelos económicos ortodoxos, contradictorios entre si, han mostrado que las variables macro y microeconómicas aunque pudieran incrementa la riqueza, no han tenido un impacto en la calidad de vida de los habitantes del país. Las organizaciones con alto contenido productivo- social, todavía arrastran estructuras organizacionales mercantilistas, que no permiten generar valor agregado social a los productores pequeños, favoreciéndose siempre en mayor porcentaje los eslabones: transformador y comercializador.

Solo hasta ahora se toma en cuenta el valor nutricional del grano de oro enfatizando "El 2013 como año internacional un futuro sembrado hace miles de años". Con ello se pretende generar valor agregado a los componentes del conglomerado, descuidando a nivel interno los canales de comercialización que en el caso de Tarija hacen que los precios sean inaccesibles a la población.

En base a los aspectos señalados se ha identificado el siguiente problema: "*El consumo de la quinua en las familias de la provincia Cercado del departamento de Tarija es mínimo debido al precio elevado en los mercados y supermercados*".

Según informe del Viceministro de Desarrollo Rural y Agropecuario, el grano de quinua contiene minerales, vitaminas y casi todos los aminoácidos, además de la lisina que permite el normal desarrollo de las células del cerebro.

Las acciones estratégicas para consolidar la producción, industrialización y comercialización de la quinua son las siguientes:



Figura 2.
Estrategias Nacionales: Desarrollo de la Quinua a partir del análisis de los conglomerados.

Fuente: Viceministerio de Desarrollo Rural y Agropecuario, 2013

Al respecto de incrementar el precio, se conoce según declaraciones del Viceministro que en el año 2000 el precio por quintal era de 250 Bs, y el 2010 fue de 800 Bs; asimismo, el precio de mercado en Francia para 500 gr de quinua real es de 4 euros. También se conoce que el precio en los mercados populares de la Ciudad de Tarija, son de 37 Bs/kg y en los supermercados 800gr alcanza a 35 Bs.

Tarija tiene diferentes pisos ecológicos que están entre los 300 msnm y los 4000 msnm en la zona alta de Iscayachi, donde la producción de quinua es incipiente y con escaso apoyo gubernamental. Los investigadores visitaron el Municipio de Huacareta y han recibido información que la quinua tuvo buen rendimiento (se derramaron algunos granos por accidente cuando se entregó este alimento a algunos comunarios como parte de pago por jornales). Por tanto se puede afirmar que el cultivo de la quinua como política de mejorar la calidad de alimentación de los habitantes de Bolivia no es privilegio solamente de los departamentos de Oruro, Potosí y La Paz.

El objetivo de la investigación fue conocer las razones de bajo consumo de quinua en las familias de la provincia cercado del Departamento de Tarija.

Metodología

Se utilizó la investigación exploratoria, porque el tema en estudio ha sido poco investigado y las unidades de análisis carecen de antecedentes teóricos que sirvan de soporte a la investigación.

Se aplicó una encuesta para el sondeo de mercado, en la cual se escogieron variables en las que el consumidor de quinua plasmó su opinión, esta encuesta se realizó a clientes reales.

Los medios que se utilizaron fueron grabadoras, teléfonos y equipo de computación, y formularios de preguntas; para amas de casa.

La presente investigación aplicó sondeos de opinión en la ciudad de Tarija a amas de casa.

Elemento: Familias de la ciudad de Tarija

Tratándose de un sondeo, solamente se tomó en cuenta a 50 amas de casa que realizan compras en mercados y supermercados de la ciudad de Tarija. Se realizó la prueba piloto o sondeo de opinión a 50 amas de casa en base al formulario de encuesta, para posteriormente solicitar el apoyo para poder realizar un estudio de mercado que permita conocer las razones por las que las familias consumen quinua y la inserción de quinua en su dieta familiar.

Conclusiones segunda parte

- El consumo de quinua en la ciudad de Tarija es incipiente debido a los precios del producto por Kg (desde 27 a 35 Bs).
- Tarija cuenta con pisos agroecológicos que van desde los 300 hasta los 4000 msnm por tanto se debe promocionar la producción de quinua.
- Si se toma en cuenta que en la actualidad el 1 qq de quinua está en 800 Bs, el kilo sería de 17,39 Bs, más el costo de transporte de Oruro 5 Bs/qq, el precio (con margen para el comercializador de 5 Bs, por kg) el precio al consumidor no debería pasar los 27 Bs.
- El margen del comercializador es de 28,75% lo cual encarece el precio del producto hasta llegar al consumidor familiar.
- En los supermercados, debido a la diferenciación del producto (envase y empaque) el margen de comercialización es más del 200% (800 gr en 35 Bs).

El ingreso promedio de las familias es de 3000 Bs y los precios de los productos sustitutos (trigo, avena, arroz y fideos) tienen un precio que están 50% más bajos que la quinua.

Referencias citadas

ENDA 2003- 2008.

Mahotra Naresk "Investigación de Mercado". Editorial Pearson 2005.

Informe 2013, Viceministerio de Desarrollo Rural y Agropecuario

Plan de La Quinua 2010.

Amartya Sen : Primero la GENTE: Una mirada desde la ética del desarrollo a los principales. 2011.

The challenges of developing a sustainable agro-industry in Bolivia: The quinoa market

El mercado de la quinua: exportaciones y desafíos para el desarrollo de la agroindustria

Katherine Macarena Antonio[1]

E-mail: kmacarena@gmail.com

Abstract

This document focuses on the quinoa market in Bolivia, its policy challenges and potential contribution to the economy, and the important and relevant issues that are affecting the value chain and sustainability of the quinoa industry in Bolivia. The analysis in this paper shows that there is a very good picture for the future of the industry. The value of Bolivian quinoa exports has risen from a total of US$2 million in 1999, representing about 1,500 tons, to approximately US$80 million in 2012, or about 26,201 tons (INE, 2012). Recently, the boom of quinoa exports has attracted international customers and exporters willing to buy the grain at higher prices (the Free on Board (FOB) price for exports was more than US$3,000 per metric ton in 2012). The value of the crop is about five times that of soy beans, a similar food but of lower nutritional quality. There were 23 major quinoa exporters (part of the National Association of Quinoa Producers -ANAPQUI) whose combined 2010 revenue was about US$42 million.[2]

Keywords: *Value chain; quinoa; exports; food safety.*

Resumen

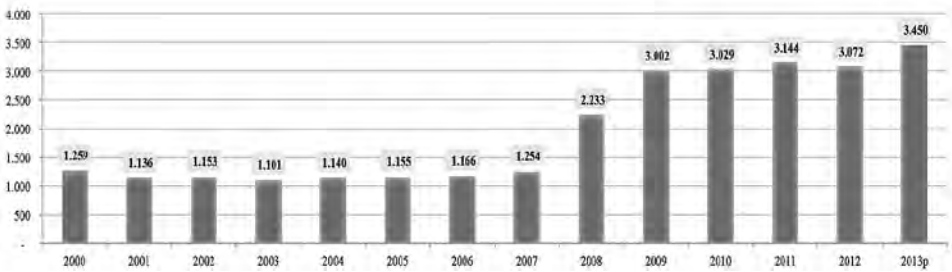
El valor de las exportaciones bolivianas de quinua creció de US$ 2 millones en 1999, representando cerca de 1.500 toneladas, a aproximadamente US$ 80 millones por 26.201 toneladas en 2012. El boom de las exportaciones de quinua orgánica atrajo a los consumidores y exportadores internacionales dispuestos a pagar precios elevados por las

exportaciones bolivianas de aproximadamente US$3,000 por tonelada métrica in 2012. En este contexto, y con el fin de garantizar la sostenibilidad de la agro-industria de la quinua en Bolivia, se analizan los desafíos del mercado, los aspectos de la cadena de valor, y las recomendaciones de política que podrían coadyuvar a una producción y comercio sostenible.

Palabras claves: Cadena de valor; quinua; exportaciones; seguridad alimentaria.

Background and introduction

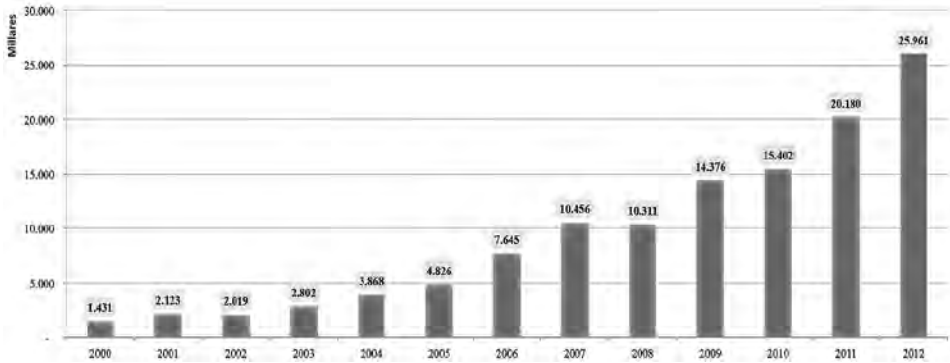
The world's number one exporter of quinoa is Bolivia, which supplies 42% of the quinoa found on the international market. Peru, Ecuador and Colombia produce a combined total of about 49% of the world's quinoa production. The principal importer of Bolivian exports is Peru, although the exports to the U.S. and Europe are growing. Bolivian quinoa is the most expensive and is considered to be of the highest quality. According to the Bolivia National Statistics Bureau (INE), the price of quinoa per ton increased from US$1,254 in 2007 to US$3,072 in 2012.[3]



Source: Prepared by the Author based on Bolivia National Statistics Bureau. (Accessed May 8, 2013)

Graph 1.
Quinoa Free on Board Prices (USD per Metric Ton).

The value of the crop is about four or five times that of soy bean, a similar food. Last year there were 23 major quinoa exporters (part of the Association), who altogether generated about $42 million in revenue.[4] The value of Bolivian quinoa exports has risen from a total of $2 million in 1999, representing about 1,500 tons, to approximately $79.7 million in 2012, or about 26,000 tons (INE, 2013).



Source: Prepared by the Author based on Bolivia National Statistics Bureau. (Accessed May 8, 2013)

Graph 2.
Volume of Net Exports in Metric Tons.

This is a very encouraging picture for the future of the industry, and this document examines the industry's prospects. However, there is also some concern over unintended impacts that a growing industry can have. In this document I identify four main issues: i) the potentially harmful environmental effects of poor farming practices; ii) the nature of illicit exports and their institutional impacts on the national economy; iii) issues affecting the ability of local buyers to benefit from the nutritional value of quinoa, and; iv) the capacity of farmers to achieve long term benefits from the booming industry and create a sustainable local industry.

Analysis of the market

There are vulnerabilities to be addressed for future productivity and sustainability of the industry, however. The analysis shows that if the production and exports of quinoa in Bolivia are to be sustainable, the agricultural practices must be both ecologically and socially sound. This concern has been expressed by Andean plateau farmers, ecologists and policy makers, as well as other actors in the quinoa food chain in foreign countries. Producers face technical difficulties and environmental risks; and there are impacts on the social and environmental capital of the regional economy within the country that need special attention.

The policy problem is, therefore: The expanded growth of the quinoa industry represents for Bolivia both a great opportunity and potentially a serious threat to the environment and local nutritional levels among the poorer communities. The high prices and worldwide demand have put tremendous pressure on production, and this pressure has encouraged poor environmental practices as well as illegal trafficking. However, there is also a chance for Bolivia to make several important gains: a stronger national economy through a sustainable agricultural industry in one of the country's poorest regions, and access to a traditional nutrition source especially for low income citizens.

The production and exports of organic quinoa is now widespread and is well accepted in the international market, with high prices that show a tendency to increase. This scenario is favorable for farmers and for the regional economy of the producing areas.

However, the unintended consequences should be addressed. The following summarizes the problem impacts:

Domestic Consumers. Domestic prices of Bolivian quinoa have increased because of the success of exports, making quinoa consumption more difficult for many individuals in the domestic market, but the local consumption has always been historically lower than exports. Traditional consumers, such as the middle class and poor, have been particularly hard hit, as they can no longer afford to buy as much as before. The quinoa grown in Bolivia is more expensive than most quinoa from neighboring countries, especially for certified organic quinoa. According to a report from the International Foreign Trade Association, in 2008 the farmer gate price of organic quinoa was between $1,180 and $1,400 per ton, whereas the conventional quinoa price was between $680 and $750 per ton.



Source: Prepared by the Author based on National Statistics Bureau.

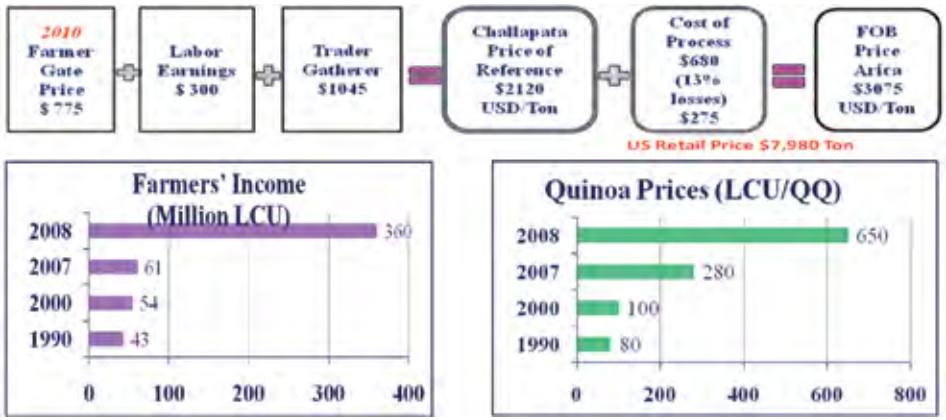
Graph 3.
Estimation of Domestic Consumption in relation to the production.

Environmental Damage and Sustainability. As quinoa exports increased exponentially, so did the environmental damage done to the soil,[5] seen in increased time between soil rotation, decreased nutrient content, and increased soil acidity of the producing regions.[6] These impacts are analyzed in this document.

To reverse the environmental damages and ensure the production of quinoa continues in a stable and sustainable manner, it is necessary to perform soil remediation work from the incorporation of animal manure or plant-based fertilizer, promoting better use of machinery and agricultural implements for the type of soil (avoiding damage with the use of unsuitable attachments) to inducing other more sustainable techniques such as minimum tillage. Sustainability problems are also indicated in studies on

quinoa production. The quality of the soil and its nutrient content is steadily decreasing, which is negatively impacting production levels.

Income Shares for Farmers. In the value chain, the farmer gate price represents US$775 per ton, in 2010. Adding their labor earnings and share for the traders, we get the market price of quinoa in Challapata, where most of the crop is commercialized and prices are determined every week. Later, we add the cost of processing and 13% losses and we get the Free on Board Price that is 3 thousand dollars per ton. The retail price to foreign consumers is doubled, at $3.99 per pound (about $7,980/ton). Of that $1.10 goes to the farmers. It costs $0.25 to clean, $0.15 in freight and customs from Bolivia, $0.03 in quality control, and $0.80 in packaging. That leaves a 40% margin to be split between processing plant, importer, distributor and wholesaler.



Source: Prepared by the Author in base to FAUTAPO, Andean Naturals Inc. & Ministry of Planning

Graph 4.
Income Shares in the Quinoa Cluster.

Conclusions

In order to address the above problems and provide potential solutions, this document seeks to address the issues related economic, social and environmental effects of high domestic prices and agricultural frontier expansion in the production areas of Potosi and Oruro.

Therefore the direct policies selected for addressing the problems mentioned above are described as follows:

Food Safety and Nutrition Policies

Increase the local consumption by disseminating knowledge about the nutritional value of quinoa and making it affordable to most vulnerable groups. This task must be done in coordination of the national government, local governments.

The Ministry of Productive Development and Ministry of Rural Development in coordination with Ministry of Health should integrate partially the industry into food safety and regional development policies.

The idea is increase the local consumption by making quinoa affordable to domestic consumers; this can be done through subsidies to most vulnerable groups like school feeding of children and pregnant women among others. This should be addressed by the government in coordination between the ministry of agriculture and health.

Environmental Policies in support of Organic Production

Regarding to the sustainability of the production; requires increasing the production by increasing the yield rather than expanding the agricultural frontier. This can be done by adopting the best formulation of organic fertilizers that fits the variety of quinoa. Also, producers need to respect the rotation period of the land in order to avoid the desertification of the soil.

Research and adoption of Organic Fertilizers and search for optimal formulations with Royal Quinoa variety that is produce in the buffer area of Uyuni Salt Flat. Universities are already implementing fertilizer studies in Peru and Bolivia as well. However the ANAPQUI and other producers' organization have to appropriate the technology that would be developed.

Increase the production by improving the yield. Producers should invest in land preparation. The government should provide extension services and training in land management respecting the appropriate rotation period.

Maintain the high quality of the product and branding. Up to now the traders have played an important role in branding Royal Quinoa, but more active government support is needed for branding.

Trade Policies and Improving the Business Environment

This part of the policy package relates to trade and business environment, consisting in improving the trade regime by facilitating exports; reducing transaction costs by reducing the bureaucracy in diligences, and corruption. This should include renegotiating the trade agreements with the main buyers.

Smart trade policies with US, EU; Origin certification could help as a solution of the problem of contraband, the government rather to put barriers to the trade should concentrate efforts in development of patents and high quality certifications.

Improve trade regime and facilitation of exports. Instead of treating the quinoa as a commodity the crop should be treated as special product, making a campaign for branding quinoa as the case of Juan Valdez in Colombia where the government financed a campaign for promoting the coffee brand as a unique in the world.

Generally, improve infrastructure and cross border flows to reduce the high transaction cost.

Bibliography

Alcala, F. (2009). *Local Development through the interaction in International Business. Contract Mechanism: A case of Bolivian quinoa producers.* Retrieved Juy 11, 2011, from http://www.bcb.gob.bo/3eeb/sites/default/files/Papers%203EEB%20-%20CD/FranklinAlcala-Local%20development.pdf.

BBC News. (2011). http://www.bbc.co.uk/mundo/noticias/2011/02/110203_alimentos_quinoa_mes.shtml. *http://www.bbc.co.uk/mundo/noticias/2011/02/110203_alimentos_quinoa_mes.shtml*. London.

Borja, R. (2007). *Study of Quinoa Consumption in Potosi.* Retrieved February 22, 2011

Brenes, E., Crespo, F., & Madrigal, K. (2001). Quinoa Cluster Diagnosis. *Center of International Development. Harvard University*, 54.

CABOLQUI & Vice Ministry of Science and Technology. (2009). Present Dynamics of the Quinoa Sector in Bolivia.

Cáceres, Z., Carimentrand, A., & Wilki, J. (2008). *Fair Trade and quinoa from the southern Bolivian Altiplano.*

Cahui Churata, J. (2009). *Three Effective Microorganisms (BoKashi) Decomposition in five Varieties of Quinoa Production.* Puno, Peru: Universidad Nacional del Altiplano Puno, Peru.

Copeland, B., & Taylor, S. (2009). Trade, Tragedy, and the Commons. *American Economic Review*.

Damiani, O. (2001, October). *Organic agriculture in Costa Rica: The case of cacao and banana production in Talamanca.* Retrieved February 2011

De la Torre, A., Nash, J., & Sinnot, E. (2010). Natural Resources in Latin America and the Caribbean: Beyond Booms and Busts? *World Bank Latin American and Caribean Studies*, 100.

Delgado, M., Porter, M., & Stern, S. (2011). *Clusters, Convergence, and Economic Performance.* Cambridge, M.A.: http://www.isc.hbs.edu/pdf/DPS_Clusters_Performance_2011-0311.pdf.

Hartwich, F., Monge, M., & Halgin, D. (2008). *http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/42330/2/ifpridp00761.pdf.* Retrieved July 11, 2011, from How Change Agents and Social Capital Influence the Adoption of Innovations among Small Farmers. Evidence from Social Networks in Rural Bolivia.

IBCE. (2010, February 22). *Institute of Foreign Trade Bolivia*. Retrieved 2011, from www.ibce.org.

INE. (2010, January 31). *Bolivia National Statistics Bureau.* Retrieved from http://www.ine.gob.bo/pdf/boletin/np_2010_7.pdf#search=%22np%202010%22: http://www.ine.gob.bo/pdf/boletin/np_2010_7.pdf#search=%22np%202010%22.

Jaldin, R. (2010). *Quinoa Production in Oruro and Potosi (Produccion de quinua en Oruro y Potosi).* La Paz: Research Startegic Program Bolivia (PIEB -Programa de Investigacion Estrategica).

Machicado, C., & Biruet, J. (2009). *Technological Progress and Productivity in the Quinoa Sector.* Retrieved January 11, 2011, from www.inesad.edu.bo/publicaciones_detalle_no65_e.htm: www.inesad.edu.bo/publicaciones_detalle_no65_e.htm.

Montoya, J. (2007). *Study of Quinoa Consumption in Oruro.* Retrieved February 22, 2011, from Netherlands Embassy in Bolivia.

Muriel, B. (2010, January). *http://www.inesad.edu.bo/bcde2010/contributed/e22_49.pdf.* (I. o. Studies, Ed.) Retrieved February 20, 2011, from Quinoa: An Option for Improve Rural Income in Bolivia (La Quinua: Una Opción para Mejorar los Ingresos Rurales en Bolivia): http://www.inesad.edu.bo/bcde2010/contributed/e22_49.pdf.

News Paper Los Andes. (n.d.). *Los Andes*. (http://www.losandes.com.pe/Nacional/20110207/46152.html) Retrieved from Los Andes: http://www.losandes.com.pe/Nacional/20110207/46152.html

OECD. (2011). *Skills for Innovation and Research.* http://dx.doi.org/10.1787/9789264097490-en.

Pacheco Zamorano, A. (2004). *Quinoa in Bolivia. Systemic Model for the Diagnosis of the Production.* La Paz: Universidad Mayor de San Andres.

Pena, X. (2007, May 20). *Quinoa Market Description (Perfil del Mercado de la Quinoa).* Retrieved February 20, 2011, from www.cebem.org/cmsfiles/articulos/Perfil_mdo_quinua.pdf.

Porter, M. (1990). *The Competitive Advantage of Nations.* New York: Free Press.

Schlick, G., & Bubenheim, D. (1993, November). Quinoa: An Emerging "New" Crop with Potential for CELSS. (3422).

The World Bank. (2007). *Building Knowledge Economies: Advanced Strategies for Development*. Washington, D.C.: The World Bank.

The World Bank. (2010). *Innovation Policy: A Guide for Developing Countries*. Washington, D.C.: The World Bank.

Ton, G., & Bijman, J. (2006). The role of producer organisations in the process of developing an integrated supply chain; experiences from Quinoa chain development in Bolivia.

Vallejos Mamani, Pedro Roman. (2011). *Environmental effect of the expansion of the agricultural frontier. (Efecto Ambiental de la Expansión de la Frontera Agrícola, mediante SIG y Teledetección en el Sud del Altiplano de Bolivia).* Retrieved January 28, 2011, from PIEB: www.pieb.org/clima-quinua/docs/Art1_FA.pdf.

¿Qué cantidad de quinua es necesaria para reducir el IMC correspondiente al 65% de la población de comerciantes del municipio del El Alto que sufre sobrepeso y obesidad?

Maria Aguirre

E-mail: mariaaguirredelapaz@gmail.com

Resumen

Se conoce en el mundo el consumo de la quinua para realizar tratamientos nutricionales, para bajar de peso sin desnutrirse ni deshidratarse; por lo que con esta investigación pienso en las mujeres que tienen diferentes grados de alteración en el valor del Índice de Masa Corporal (como sobrepeso y obesidad), a consecuencia de las actividades diarias que realizan mujeres y hombres comerciantes en su mayoría, que sin conocer como podrían saber y anoticiarse que el consumo en diferentes formas de presentación de la quinua, precisamente por sus propiedades nutricionales podría hacer que estas personas bajaran de peso de forma fisiológica sin causales daño y sin complicar la mayoría de las otras patologías que acompañan a una persona enferma con sobrepeso y obesidad.

La obesidad en una enfermedad compleja y multifactorial que se caracteriza por un aumento de grasa y elevación del peso corporal, además: es la primera en afectar la calidad y la esperanza de vida de las personas. Por ello como parte del personal de salud me siento en la necesidad de buscar posibles soluciones a esta patología multifactorial de nuestra generación.

Palabras claves: Obesidad; sobrepeso; Índice de Masa Corporal; quinua.

Introducción

Según datos de la OMS, se advierte que 17 millones de personas mueren a causa de las diferentes complicaciones y comorbilidad que presenta esta patología. Por datos que presenta el SEDES La Paz, se conoce que el 30%, de la población boliviana presenta sobrepeso y obesidad, y que los departamentos de Santa Cruz, Cochabamba, La Paz y el Municipio de El Alto tiene los datos más elevados.

Objetivos

- ¿Por qué no se consume la quinua como comida principal?
- ¿El consumo de quinua es específico de ciertas personas?
- ¿Por qué el consumo de la quinua es de complemento?
- ¿Se conoce que la quinua puede reemplazar los valores nutricionales de las carnes y sus derivados proteínicos?
- ¿Qué recetas conocen las personas entrevistas para preparar con la quinua?
- ¿Es difícil preparar la quinua?

Material y métodos

El Municipio de El Alto es una de las poblaciones que tiene elevada incidencia de sobrepeso y obesidad.

Diseño: estudio descriptivo y de recolección de datos.

Se analizó las mediciones de Índice de Masa Corporal y la información generada con una encuesta aplicada a los puntos de corte determinados por el SEDES La Paz, para sobrepeso y obesidad en mujeres comerciantes de la ciudad de El Alto.

Resultados

Mil mujeres con sobrepeso y obesidad en cuatro servicios de salud de PRO-MUJER.

Conclusión

Con este trabajo se ratificó la existencia de sobrepeso y obesidad con una tendencia ascendente en mujeres comerciantes en su mayoría y que consumen la quinua como complemento y no como alimento principal, por lo que deben realizarse acciones de prevención que eviten un incremento mayor de esta prevalencia, como realizar un programa nutricional en base a quinua y derivados.

Centro de Investigación de la Quinua en la region del intersalar de Bolivia

Ermindo Barrientos[1]; David Soraide[2]; Willy Choque[1]; Marcelo Gonzales[1].

[1] Universidad Técnica de Oruro.

[2] Fundación FAUTAPO-COMPASUR.

E-mail: ebarrientos100@gmail.com

Resumen

La quinua en Bolivia y otros países del mundo por su excepcional calidad nutritiva, desde la década de los 90s fue valorizándose gradualmente principalmente por la población más exigente en calidad de los países desarrollados. Se estima que más de 20.000 familias están relacionadas directa e indirectamente al negocio de la quinua. Bolivia se ha posicionado como el principal exportador mundial de este grano con alrededor de 22.000 TM/año de Quinua Real que se produce en torno de los Salares de Uyuni (Thunupa) y Coipasa.

La Universidad Técnica de Oruro (UTO), a través de la Facultad de Ciencias Agrarias y Veterinarias junto a otras unidades académicas aprueba la implementación del Centro de Investigación de la Quinua y de manera concurrente con la Fundación FAUTAPO mediante el Programa COMPASUR han encarado la consolidación de este Centro de Investigación ubicado entre los salares de Coipasa y Uyuni (Thunupa) con incidencia regional y nacional para el apoyo de la cadena agroproductiva de la Quinua.

Los problemas que se abordan en el Centro principalmente son los que relacionan la actividad primaria dentro la cadena quinua. El Centro de Investigación de la Quinua fue concebido para que trabaje en seis líneas que aporten al desarrollo de la Cadena Quinua: ***Capacitación y asistencia técnica, desarrollo de tecnología***, ***Instancia de referencia y articulación de la investigación especializada en quinua, espacio para mejorar formación práctica de alumnos de la FACV***, e***xtensión agrícola, generación de material genético de alta calidad y otros insumos.*** Como resultados actuales, el Centro cuenta con protocolos de producción de bioinsumos, se desarrollan prototipos de cosechadoras de quinua, producción y comercialización de plantines de arbustos y forrajes introducidos, semestralmente se apoya a la formación de unos 20 a 25 alumnos. El Centro trabaja en proyectos de caracterización del banco de germoplasma y se ha llegado a identificar

ecotipos con determinadas características como precocidad, tolerancia a heladas, alta productividad y otros factores. Uno de los mandatos de la UTO es que aporte al desarrollo de la región a través de proyectos de investigación, por tanto es necesario fortalecer el presente proyecto de fortalecimiento al Centro.

Palabras claves: Centro de investigación; intersalar; quinua.

Introducción

La quinua por su excepcional calidad nutritiva y sus cualidades de comida sana, fue valorizándose gradualmente desde la década de los 90s principalmente por la población más exigente en calidad de los países desarrollados; gracias a ello en la actualidad se estima que más de 20.000 familias están relacionadas directa e indirectamente al negocio de la quinua y que éste genera divisas para el país de alrededor de 80 millones de dólares americanos por año.

Si bien la quinua es originaria del extenso territorio Altiplánico entre Bolivia y Perú, nuestro país se ha posicionado como el principal exportador mundial de este grano con alrededor de 22.000 TM/año de Quinua Real que se produce en torno de los Salares de Uyuni y Coipasa y las más demandada por el mercado internacional. Las provincias de Ladislao Cabrera, Eduardo Avaroa y Sebastián Pagador del departamento de Oruro aportan con alrededor del 55% de este total exportado.

La Universidad Técnica de Oruro (UTO), a través de la Facultad de Ciencias Agrarias y Veterinarias y otras unidades académicas, desde mediados de la década de los 90s ha estado apoyando a la Cadena Quinua con la realización de investigaciones principalmente mediante tésis o proyectos de graduación, aunque no de manera estructurada. Por ejemplo podemos mencionar los trabajos realizados en coordinación con el PROQUISA-(Prefectura de Oruro), posteriormente en la caracterización y fisiología de la quinua en coordinación con IRD de la misión de Francia, PROINPA y otras instituciones.

La UTO en la gestión 2010 aprueba la implementación del Centro de Investigación de la Quinua, con el propósito de darle un mayor apoyo al desarrollo de esta Cadena productiva muy importante para el departamento de Oruro. En este sentido y de manera concurrente con la Fundación FAUTAPO han encarado la construcción de infraestructura y equipamiento de albergues, laboratorios y oficinas para el funcionamiento del Centro.

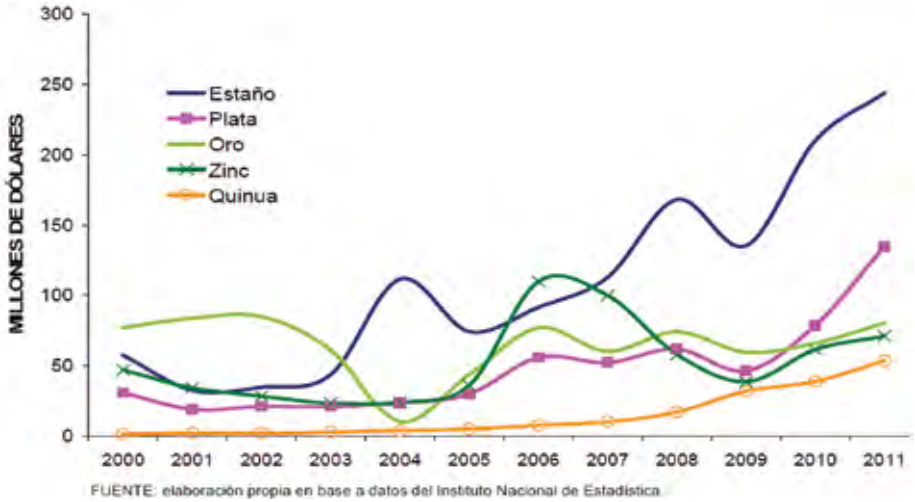
Justificación

Desde la década de los 80s hasta la actualidad siempre hubieron proyectos que trabajaron promoviendo de alguna manera el desarrollo de la Cadena Quinua; un listado de ellos se muestra a continuación:

Proyectos del gobierno central	Entidades departamental	Fundaciones y ONGs	Entidades financieras	Universidades	Asociaciones y empresas	Instituciones que trabajaron anteriormente
Proyecto de Alianzas Rurales	SEDAG Oruro	Fundación FAUTAPO	Banco de Desarrollo Productivo	UTO	ANAPQUI	CONPAC
DETI	SEDAG Potosí	Fundación PROINPA	IDEPRO	UMSA	CECAOT	IBTA
PICAR	INIAF Oruro	Fundación Altiplano	CIDRE	CIFEMA-UMSS	CADEQUIR	AVSF – CICDA
SEMILLA	INIAF Potosí	CPTS	ECOFUTURO	UATF	CADEPQUIOR	Programa Lipez
INIAF – Prog. Quinua	MM Gran Tierra de los Lípez	Fundación Valles	ANED		CALBOLQUI	Programa Coroma
CNAPE – Programa Conjunto	Programa Cuenca Poopó	APROSAR	Banco Unión – SAFI Unión		QUINOABOL	DELAP
Fondo Indígena		Fundación San Cristóbal	Otros		IRUPANA	CIPE
INIAF Nacional		PROBIOMA			SAITE	
					SINDAN	
					JATARY	
					JACHA INTI	
					Otros	

Cada uno de los proyectos con seguridad aportó y/o aporta al desempeño actual que tiene la Cadena, sin embargo es un trabajo desarticulado, cada uno trabaja bajo su enfoque de forma independiente, en algunos casos realizando trabajos repetitivos, no existe una sistematización de lecciones aprendidas positivas y negativas a fin de mejorar los impactos, no existe continuidad a experiencias exitosas cuando el período de un determinado proyecto concluye, en tal sentido existe la necesidad de contar con una entidad que articule todos estos esfuerzos institucional a fin de mejorar la competitividad de la Cadena para que el país continué siendo el líder en el mercado mundial de la quinua, así como también para que este nutritivo grano se consuma en nuestro país.

Por otro lado, Oruro por su ubicación geográfica y condiciones climáticas tienen escasa oferta exportable, solo 5 productos Estaño, Oro, Zinc, Plata y Quinua; en el caso de la quinua actualmente representa alrededor del 10% de las exportaciones, por tanto es primordial que la UTO apoye estos rubros, en nuestro caso la quinua.



Fuente: Fundación Milenium 2010

Figura 1.
Evolución de los 5 principales Productos de Exportación de Oruro
Años 2000 - 2011.

Diagnóstico

Sintesis de la problemática de la cadena quinua

Materia prima con alto contenido de impurezas. La quinua se comercializa con éxito mercados altamente exigentes en calidad, en tanto que los sistemas de producción tradicionales sacan con bastante contenido de impurezas, principalmente tierra, piedra menuda y cuarzo que requieren de procesos complejos para quitarlos en el beneficiado y encarecen el producto. Estas impurezas se generan principalmente en las etapas de cosecha y postcosecha que realizan con azadones y tractores.

Residualidad de insecticidas sintéticos. Debido a la baja efectividad de los insecticidas ecológicos y el gradual incremento de poblaciones de insectos plagas, el uso de insecticidas sintéticos es mayoritario en la producción de quinua que es comercializada con la certificación orgánica. Este problema repercutió el año 2011 cuando varias empresas exportadoras a Europa sufrieron devoluciones por residualidad de insecticidas sintéticos.

Ampliación sin planificación de áreas de cultivo. La subida de los precios de la quinua, en la mayoría de las comunidades de la zona tradicional se fueron ampliando las áreas de producción con predominancia del enfoque de producción extensiva que tienen las siguientes características: extensas parcelas sin protección natural, existen productores que habilitan terrenos más de los que pueden manejar adecuadamente (50 a 100 hec-

táreas por campaña agrícola), disminución de las áreas de pastoreo, sin abonamiento, ni rotación de cultivos, control de plagas cada vez con mayores dosis de insecticidas sintéticos, habilitación de parcelas en lugares susceptibles a heladas, en terrenos arenosos y otros.

Esta ampliación de áreas de cultivo impacta directamente en la disminución de áreas de pastoreo de comunidades que tradicionalmente eran criadoras de llamas, en algunas comunidades se llegó a tal punto que no existe una sola cabeza de llamas u otra especie ganadera.

Conflictos por acceso a tierras. El conflicto por tierras es una consecuencia del incremento de la rentabilidad de la quinua y el retorno de la gente a las comunidades, los conflictos por acceso a tierras se incrementan entre familias, comunidades, municipios e incluso entre departamentos, principalmente en la zona tradicional, debido a la ambición de las personas de querer contar con mas áreas de cultivo. Un caso que concitó la atención nacional son los enfrentamientos entre comunidades de Coroma, Quillacas y Salinas de Garci Mendoza que se acentuaron en los años 2011 y 2012.En las zonas nuevas estos conflictos aún no son muchos, pero ya se presentaron en algunas regiones.

Escasa formación de los recursos humanos. En las zonas tradicionales los productores tienen mejor capacidad técnica en cuanto a la producción de la materia prima, sin embargo se tienen grandes deficiencias en los siguientes aspectos:

- Manejo de la gestión de calidad desde las parcelas. La mayoría de los agricultores no están de acuerdo con aplicar los procedimientos exigidos para cumplir con parámetros de calidad de exportación.
- Escasa aplicación de prácticas ambientalmente sostenibles.
- Escasa reinversión de las utilidades en la propia comunidad, la mayoría genera dinero para invertirlos en las ciudades de Oruro, Cochabamba e incluso en Santa Cruz, entonces las comunidades siguen en decadencia.

Riesgo de pérdidas de cultivos por factores climáticos. En el ámbito climático, cada vez es más frecuente las pérdidas de cultivos por sequías, heladas y ventarrones fuertes, precisamente estos factores determinan altos riesgos en la sostenibilidad de provisión de quinua para el mercado, por lo que es necesario trabajar en la identificación, sistematización y validación de estrategias de mitigación de los impactos climáticos adversos.

Disminución de la población pecuaria, por tanto disminución de fuentes de reposición orgánica de suelos. En las zonas tradicionales, la rentabilidad de la quinua ha promovido la ampliación gradual de las áreas de cultivo, se pasó de 1 a 2 hectáreas que se cultivaban por familia antes del incremento del precio, ahora en promedio se cultivan entre 6 a 10 hectáreas, también encontramos parcelas de 30 a 50 hectáreas/año, incluso hasta 100 hectáreas sin barreras vivas, tienen una disposición desordenada, invadiendo

territorios de pastoreo, disminuyendo o eliminando la población de llamas porque esta actividad no se equipara en rentabilidad a la quinua, por tanto eliminando fuentes de fertilizantes naturales como el estiércol. Entonces, con la ampliación de la frontera agrícola se incrementan los riesgos de los procesos de erosión de los suelos, en esta zona cuyo ecosistema tiene una fragilidad natural antes de los barbechos.

En las zonas nuevas, se observa disminución e incluso eliminación de población pecuaria para destinar la totalidad del territorio familiar a la quinua, llevando a los mismos problemas que se describen en las zonas tradicionales.

Escasa aplicación de tecnología ambientalmente sostenible. A pesar del esfuerzos de las organizaciones de productores e instituciones públicas y privadas, existe escasa aplicación de tecnología agrícola ambientalmente sostenible, incluso entre algunos productores con certificación orgánica; esto se atribuye al enfoque extractivista de los agricultores y su bajo interés en la reinversión de los procesos productivos.

Este aspecto es crítico en los siguientes puntos: habilitación de grandes superficies de parcelas sin barreras vivas, control de plagas con insecticidas sintéticos, trilla con camiones y tractores, deficiente almacenamiento de la producción primaria.

Insuficiente mecanización agrícola que podrían disminuir los costos de producción. Este es un problema en las zonas nuevas, debido a la baja cantidad de maquinaria agrícola (1 tractor por cada 250 productores), donde las actividades agrícolas se las hace manualmente, lo que encarece los costos de producción y reduce la capacidad de competencia en el mercado.

Escaso desarrollo agroindustrial, casi la totalidad se exporta como materia prima. Alrededor del 95% de la quinua que se comercializa se lo hace como grano, con poca agregación de valor; en efecto, el 90% de las plantas de procesamiento con la que se cuentan sacan quinua lavada. Muchas de estas plantas están instaladas en zonas rurales sin una adecuada planificación sobre requerimientos de energía eléctrica, calidad y cantidad de agua, aprovisionamiento de materia prima, capital de acopio, capacidad de gestión de empresas comunitarias y otros aspectos por los cuales más del 50% de las plantas no están funcionando en la actualidad.

Si bien se han desarrollado protocolos de productos terminados de quinua, la mayoría solo cumplen estándares de calidad nacional, pero no los parámetros internacionales.

Desarrollo de la competencia internacional. A raíz del posicionamiento de la quinua en el mercado internacional, también ha ido creciendo el interés mundial por la producción de este cultivo rentable. Por ejemplo el Perú es el principal competidor de Bolivia, ya en el año 2010 contaba con un volumen de producción de 41.000 Tn, y por ello entró a competir en los mercados de EEUU, se tiene referencia que oferta quinua en un 5 a 8% menos que la nuestra.

Otros países como Chile, Ecuador, Argentina, Brasil, Francia, Estados Unidos, Canadá, China, India, Australia y otros están trabajando en adecuar tecnología con el propó-

sito de ingresar a los mercados de quinua. Por tanto, es necesario que trabajemos en mejorar la competitividad de nuestro producto a fin de mantener el liderazgo en los mercados dinámicos de la quinua.

Escasa estructura de gobernanza de la Cadena. El complejo de la Quinua tiene la mejor estructuración organizacional en temas productivos, a pesar de ello se siguen con algunos problemas como ser:

- Atomización de organizaciones que se atribuyen la representatividad del sector. No existe una instancia nacional que aglutine el sentimiento y las aspiraciones de todos los actores.
- Ausencia de una estrategia de desarrollo concertada del sector con visión de largo plazo. Ni siquiera las entidades del gobierno central, departamentales han podido lograr los esfuerzos técnicos y financieros de alrededor de 40 entidades públicos y privados que de alguna manera invierten recursos en el desarrollo de la Cadena.
- Escasa articulación entre instituciones de investigación para la transferencia de información generada, así como la ejecución de acciones concurrentes.

La oferta de quinua crece más que la demanda. Las áreas de producción están creciendo en las zonas nuevas a una tasa de 150% en promedio por año, en tanto que los volúmenes de exportación crecen a un promedio de 30 a 40% anual, esta situación puede generar una sobreoferta, con el riesgo de disminuir los precios pagados a los agricultores. Es necesario que se trabaje en promover mayor crecimiento de los mercados.

La población boliviana – orureña consume poca quinua. Una de las críticas a la promoción de la exportación de quinua, es que los precios altos dificultan acceso a este alimento en el mercado nacional. Para algún segmento de la población esta aseveración podría ser válida, sin embargo, en las ciudades de Oruro, Potosí y La Paz el gobierno central está promoviendo su consumo a través de los subsidio de lactancia, pero por la falta de cultura de consumo de alimentos sanos y nutritivos, los productos de quinua son revendidos a precios mucho más baratos que los costos de producción. Entonces, es necesario trabajar en el fomento al consumo local de la quinua en sus diferentes presentaciones.

Localización

Inicialmente se cuenta con una infraestructura construida de manera concurrente entre la UTO y FAUTAPO en el Altiplano Sur, principal zona de producción de Quinua Real, específicamente en el municipio de Salinas de Garcí Mendoza del departamento de Oruro, geográficamente está situada a 19º 38' 15", Latitud Sur y 67º 40' 27" Longitud Oeste y a una altitud de 3731 msnm.

La proyección es que concurran otros Centros de Investigación (Sub Centros) en los diferentes agroecosistemas donde se produce la quinua a fin promover el desarrollo de

la Cadena en los mismos lugares de producción, inicialmente se cuenta con Centro Experimental Agropecuario Condoriri y la Sede desconcentrada de Challapata ambas entidades dependientes de la UTO, aunque existen la posibilidad de tomar futuros acuerdos a los que se pueda llegar con otras entidades interesadas en conformar el CNQ.



Finalidad por los que fue creado el CIQ

Objetivo General

- Promover la articulación de trabajos de innovación y desarrollo de tecnología en aspectos críticos de los sistemas de producción primaria en coordinación con diferentes instituciones públicos y privados que trabajan en el país.

Objetivos específicos

- Desarrollar alternativas tecnológicas dentro el complejo Quinua-Camélidos tomando en cuenta desde su producción primaria, transformación y comercialización con tendencia ecológica y preservación del medio ambiente.
- Apoyar en procesos de formación de recursos humanos productores, técnicos y científicos orientados a mejorar la competitividad de la Cadena Quinua.
- Facilitar a los productores en el acceso a bioinsumos agrícolas, pecuarios, semillas y servicios para mejorar los sistemas productivos.
- Sistematizar y difundir los procesos de generación de conocimientos y experiencias de enfoques de desarrollo.

Líneas estratégicas de trabajo

Línea 1: Desarrollo de tecnología

Con el objetivo de coordinar los esfuerzos técnicos y financieros en el desarrollo de tecnología en aspectos críticos de la producción primaria tales como bioinsecticidas efectivos, abonamiento de suelos, cosecha y trilla, así como también en estrategias de disminución de riesgos climáticos.

Respecto al eslabón de procesamiento se plantea trabajar en la adecuación y/o desarrollo de equipos que mejoren la calidad de los productos procesados, así como también en la generación de protocolos de productos alternativos a los tradicionales.

En el eslabón comercialización, tenemos el desafío de realizar estudios para desarrollar mercados dinámicos alternativos en coordinación con entidades especializadas dentro y fuera del territorio nacional.

Línea 2: Formación de recursos humanos

Tiene el propósito de formar recursos humanos en todos los eslabones de la cadena con la capacidad de encarar los desafíos que representa la inserción del producto en mercados dinámicos.

A nivel de producción primaria el CNQ ofrece la realización de procesos de formación de Peritos en Producción Ecológica acordes a las necesidades de los mercados de la quinua y al contexto de los productores.

También se cuenta con las capacidades para realizar cursos de especialización y postgrados para técnicos según requerimientos de los actores de la Cadena.

Línea 3: Prestación de servicios, producción de bioinsumos y semilla certificada

Se cuenta con laboratorios especializados en suelos, bioinsumos y semillas, los cuales servirán para brindar servicios a productores, transformadores e investigadores en general de la cadena quinua, orientado a facilitar el acceso a bioinsumos como ser promotores de crecimientos, abonos sólidos mejorados, enmiendas líquidas y bioinsecticidas a través de la producción en la zona de producción de quinua real.

También tiene el fin de promover el refrescamiento del material genético manejado por los agricultores a través de facilitar el acceso a la compra de semilla certificada, así como también el intercambio (trueque) de semillas entre agricultores en eventos organizados por el CNQ en los municipios que estén interesados en el tema.

Línea 4: Gestión del conocimiento

Desde hace aproximadamente 3 décadas atrás, diferentes entidades públicas y privadas han realizado trabajos de investigación y desarrollo tecnológico, muchos de los resultados no son conocidos lo que genera a veces duplicación de esfuerzos. En este sentido, el objetivo es que el CNQ apoye a difundir los resultados de innovaciones a

través de la realización de coloquios, seminarios, publicación anual de una revista especializada en quinua, publicación de libros y documentales específicos, así como la construcción y actualización de una base de datos.

Asimismo, se pretende gestar la estructuración de la Sociedad Boliviana de la Quinua como instancia de asesoramiento técnico y científico al desarrollo de la Cadena, el cual aglutine a académicos interesados y comprometidos con este rubro estratégico para el país.

Línea 5: Incidencia política

Tiene el objetivo de recoger experiencias positivas y negativas de la ejecución de proyectos públicos y privados en el desarrollo de la Cadena, con el fin de contar con aprendizajes que permitan mejorar la formulación e implementación de políticas, proyectos y actividades más efectivas en el futuro.

Asimismo, promover el escalamiento de proyectos que generan impactos sobresalientes a pequeña escala.

Estado actual y resultados del funcionamiento del CIQ

Síntesis de los resultados logrados con el funcionamiento del CIQ

En capacitación y asistencia técnica; el CIQ cuenta actualmente con internado, laboratorios y parcelas demostrativas los cuales coadyuvaron en la formación de recursos a nivel de productor bajo el siguiente detalle: Alrededor de 15 delegaciones de productores visitaron el Centro, generalmente fueron delegaciones externas al entorno del Centro: Perú, La Paz, Provincias de Oruro. Se implementaron alrededor de 10 eventos de capacitación de 3 a 4 días cada uno, generalmente beneficiarios de provincias de Oruro (zonas nuevas)

En desarrollo de tecnología; por las características de la infraestructura y los convenios existentes con la fundación AUTAPO, recursos del IDH y las carreras de ingeniería (Química y Mecánica) se desarrollaron diferentes proyectos de desarrollo de tecnología:

- Se cuenta con protocolos de producción de bioinsumos; falta trabajar en pruebas de validación a nivel de campo y comercialización:
- Caldo sulfocálcico con extractos naturales de muña y locoto
- Abonos líquidos con insumos locales (Biol)
- Abonos sólidos: estiércol descompuesto en mezcla con harina de sangre + saponina, bocashi, humus de lombriz
- Existen proyectos de investigación de otras unidades académicas de la Universidad, aunque con escasa coordinación directa con el Centro:

- Desarrollo de cosechadora de quinua compartida con ingeniería mecánica.
- Protocolos de producción de derivados de la quinua en el Dpto. Desarrollo Rural e Ing. Química.
- Producción y comercialización de plantines de Falaris en la FCAyV Challapata.
- Producción comercial de arbustos nativos e introducidos.
- Alrededor 30.000 plantines producidos entre especies nativas e introducidas.
- Semilla de alta calidad genética.
- Se ha caracterizado ecotipos precoces de quinua.



Espacio para mejorar formación práctica de alumnos de fitotecnia; por semestre se apoyó a la formación de unos 20 a 25 alumnos, aunque por tiempos cortos (1 a 2 días) que no fueron suficientes para efectivos procesos de formación.

Extensión agrícola; se realizó extensión agrícola todavía incipiente, por tanto el Centro tiene escasa incidencia directa en procesos de desarrollo a nivel local y regional.

Avances en la implementación del CNQ

- Ofrecemos laboratorios para realizar análisis de calidad de grano quinua y multiplicación de microorganismos.
- Se cuenta con laboratorios especializados para análisis de calidad de grano y semilla además ofrecemos la identificación y multiplicación de microorganismos benéficos para la producción de quinua.
- Se cuenta con un telecentro y una biblioteca especializada en el cultivo de la quinua; además ofrecemos bibliografía actualizada del cultivo de la quinua.

- El centro cuenta con oficinas administrativas, un gabinete de internet, biblioteca especializada, sala de capacitación y un internado con una capacidad de 18 internos.



Acciones específicas del Centro en las Gestiones 2013 Y 2014

Línea 1. Desarrollo de tecnología

Nº	Proyecto	Problema
1	Implementación de sistemas agrícolas de alta productividad en Challapata	La producción agrícola es de baja productividad, con escasa aplicación de innovaciones tecnológicas.
2	Implementación de sistemas agropecuarios de alta productividad con familias innovadoras de Oruro	La mayoría de los agricultores del Altiplano Sur, trabajan bajo un enfoque de producción extensiva – extractivista, es decir con escasa reinversión en sus parcelas y aplicación de prácticas agrícolas ambientalmente sostenibles.
3	Desarrollo de estrategias de gestión del riesgo climático en dos comunidades de Salinas	Incremento de riesgos de pérdidas de producción agrícola por el cambio climático
4	Implementación de una unidad descentralizada de semillas y bioinsumos en la FCAyV	Escasa presencia de proveedores de semillas de calidad y bioinsumos para la producción ecológica en comunidades de Oruro
5	Investigación de bioinsumos para mejorar la productividad del cultivo de quinua en Salinas y FCAyV	Escasa presencia de proveedores de semillas bioinsumos para la producción ecológica en comunidades de Oruro
6	Formulación de una cosechadora de quinua accionada por tractor en la FNI	El manejo artesanal de la producción aagricola de quinua conduce a un producto contaminado con impurezas
7	Investigación de la hidrolisis del almidón de quinua en azucares fermentables en la FNI	El aprovechamiento industrial del extracto de quinua en el que interviene cualquier calentamiento se dificulta porque el incremento excesivo de la viscosidad
8	Generación de semillas de alta calidad genética	

Línea 2. Formación de recursos humanos

- Escuela de Peritos en Producción Sostenible.
- Otros cursos en función a demanda.

- Maestría en Desarrollo Sostenible de la Quinua.
- Pasantías.

Línea 3. Producción de bioinsumos, plantines y semilla

- Implementación de una entidad descentralizada de semillas y bioinsumos en la UTO.
- Producción y comercialización de bioinsumos.
- Producción de plantines forestales y otros.
- Producción de semilla certificada.

Línea 4. Gestión del conocimiento

- Implementar parcelas demostrativas en municipios que tengan interés (contraparte financiera).
- Publicación de revista especializada en quinua.
- Publicación estado del arte en desarrollo tecnológico.

Beneficiarios con el fortalecimiento del Centro

- Actores de la Cadena Quinua del departamento de Oruro: productores, transformadores y comercializadores.
- Estudiantes de la Facultad de la UTO.

Instituciones involucradas y equipo ejecutor

- Direcciónes de Investigaciones de la UTO, FCAyV y FNI.
- Técnicos y personal ejecutivo del Municipio de Salinas de G.M.
- FUNDACION FAUTAPO – COMPASUR.
- Docentes investigadores de la UTO y FAUTAPO.
- Coordinador de la Sede Académica desconcentrada Salinas de G.M.

Maquinaria y Mecanización Agrícola

Evolución de la siembra mecanizada de la quinua

Virgilio Nina; Danilo Nina.

Taller de Investigación y Mecánica de Tecnología Agrícola Andina (TIMTAA)

E-mail: danilo_nina@hotmail.com

Resumen

El Taller de Investigación y Mecánica de Tecnología Agrícola Andina situado en Salinas de Garci Mendoza, logra contribuir a la mecanización del cultivo tradicional de la Quinua con alternativas tecnológicas sostenibles en el proceso de producción de Quinua Orgánica. En 1983 fue plasmada la primera obra científica, basándonos en nuestro hábito ancestral y en los principios: "La práctica como la modal del aprendizaje" y "Aprender viviendo las circunstancias" logramos la creación de la ***Maquina Sembradora de Quinua*** con el nombre aymara "***SATIRI-I***", que traducido al español significa precisamente "Sembradora" patentada en las oficinas de SENAPI, maquinaria que por primera vez fue introducida en el altiplano boliviano en la región intersalar para la siembra del llamado "Grano de Oro" como es la Quinua Real. Dicha máquina puede trabajar las 24 horas del día sin mayor dificultad, puede rendir hasta una proporción de una hectárea en una hora y treinta minutos, ahorrando energía humana y tiempo hasta de un 96% con relación a la siembra manual. La incorporación de la ***SATIRI*** motivó la siembra extensiva, tanto que los requerimientos de la maquinaria se han hecho extensivos no solo en la región intersalar, sino a otras regiones del país. Al presente, la máquina ha sido mejorada de acuerdo a las necesidades del cultivo, vale decir, el cultivo intensivo ha causado la erosión y perdida de la fertilidad de la tierra, entonces con la perspectiva de resguardar a la Madre Tierra se llegó a la Versión III Maquina Sembradora de Quinua Combinada "***SATIRI-III***" que es una máquina que en el momento de la siembra incorpora estiércol.

Palabras claves: Siembra; tecnología; mecanización; quinua; ***Satiri.***

Introducción

Bolivia es el mayor y mejor productor de Quinua Real en el mundo, lo cual nos motiva trabajar con visión de mantener tal posición que está en nosotros mismos la responsabilidad. Sin embargo estamos encaminados a lograr nuestras estrategias tecnológicas locales basadas a nuestro hábito ancestral, una de las cuales fue realizada en la región intersalar donde se ha probado y establecido los talleres de invento de la Máquina Sembradora de Quinua "*SATIRI-I*", habida cuenta que resulta siendo a la fecha una herramienta de trabajo para la producción del llamado "Grano de Oro" como es la Quinua Real, por todos los beneficios y bondades que la máquina ofrece.

Al presente, la máquina ha sido bastante mejorada, tanto que ha llegado a la Versión "*SATIRI-III*", con igual registro público y reconocimiento de su autor.

Las condiciones medio ambientales del altiplano Sur son muy favorables para la producción de la Quinua Real. El cultivo es a temporal, los suelos son eminentemente secanos, arenosos y frágiles, la tecnología que se aplica en cada etapa de la producción presenta sistemas autóctonos diferentes a otros cultivos y el mercado de maquinaria agrícola no oferta instrumentos de labranza aptos para el cultivo.

La modalidad de la siembra tradicional es manual con la herramienta autóctona denominada *taquiza,* con ella se excava la tierra hoyos hasta encontrar la humedad profundidad promedio 20 cm., donde se prepara la cama y se deposita la semilla cubriendo levemente con tierra húmeda. La distancia entre los hoyos es de 100 cm o más y el mes de septiembre es el tiempo oportuno para esta labor. Una persona productor puede abarcar la siembra de una hectárea en promedio de 48 horas.

El cultivo intensivo ha generado altos grados de erosión y consiguiente paulatina pérdida de fertilidad que se deja sentir en la baja productividad. Es obvio que en la agricultura se presenten muchos factores que influyen a la erosión del suelo, en el Altiplano Sur se ha evidenciado como uno de los causantes de la erosión el uso continuo del arado de discos que en su accionar levanta y voltea la capa arable, práctica que en suelos poco trabajados aparentemente resulta favorable.

La creciente demanda de la Quinua acelera el incremento de la extensión del cultivo, habilitándose nuevas áreas, de tal manera el mayor volumen de producción se debe a la extensión cultivada que por unidad de superficie.

Objetivos

- Generar tecnología para el proceso de producción sostenible de la Quinua Orgánica.
- Expandir las estrategias tecnológicas.

Material y métodos

El Taller de Investigación y Mecánica de Tecnología Agrícola Andina se encuentra radicado en Salinas de Garci Mendoza capital de la provincia "Ladislao Cabrera" del departamento de Oruro, donde desde sus inicios 1980 dedica sus actividades a la investigación, diseño y construcción de instrumentos de labranza mecánica coherentes a la tecnología tradicional del proceso de producción de la Quinua Orgánica. En este contexto, en vista de que la industria de maquinaria agrícola no oferta maquinas aptas para el cultivo de la quinua y que la siembra tradicional manual no permitía cubrir grandes extensiones de terreno, en 1983 basándonos en nuestro hábito ancestral y en los principios: "La práctica como la modal del aprendizaje" y "Aprender viviendo las circunstancias" logramos inventar la primera máquina sembradora de quinua con el nombre aymara "*SATIRI-I*" que traducido al español precisamente significa "Sembradora", patentada en la oficina de propiedad industrial SENAPI, ella efectúa la siembra en el mismo sistema tradicional en matas distanciadas que es la más recomendable. La maquinaria fue introducida por primera vez en el altiplano boliviano en la región intersalar permitiendo emprender la siembra extensiva. La *SATIRI* puede trabajar las 24 horas del día sin mayor dificultad, puede rendir hasta una proporción una hectárea en una hora y treinta minutos ahorrando energía humana y tiempo hasta de un 96 % con relación a la siembra manual, garantizando buena y estable producción.



Figura 1.
Maquina sembradora de quinua "SATIRI-I".



Figura 2.
Parcela de quinua emergidas, sembradas con "SATIRI-I".



Figura 3.
Parcela de quinua en maduración.

Resultados y discusión

Maquina sembradora de quinua combinada "SATIRI-III"

La preservación y conservación de la fertilidad de la Madre Tierra debe ser nuestra mayor preocupación, por tanto es ineludible abonar incorporando estiércol en las diversas prácticas del cultivo, abono que conocemos y no otros productos que pueden ocasionar efectos negativos irreversibles.

La Máquina Sembradora de Quinua Combinada "*SATIRI-III*", precisamente en la acción de siembra incorpora estiércol de manera localizada y dosificada junto a la semilla destinada a que las plantas se beneficien directamente del abono para una mejor producción y evitar al mínimo se desperdicie el nutriente.



Figura 4.
Satiri III en acción de siembra



Figura 5.
Satiri-III en transferencia de tecnología

Estructura y características de funcionamiento de la maquinaria

Estructura

Construcción que forma un conjunto resistente y rígido que pasa bajo controles de calidad para ser sometido al trabajo pesado.

- Chasis y accesorios de acero debidamente controlado.
- Ensamblado a todo perno. (desarmable para su transporte)
- Tres puntos para el enganche al tractor.
- Dos PRESURCADORES regulables a la profundidad del suelo, extensibles al ancho y llevan cuchillas cambiables que evitan el desgaste del cuerpo.
- Dos SURCADORES DE SIEMBRA que llevan rejas cambiables de acuerdo a la profundidad que requiere la siembra y llevan pernos de seguridad contra roturas de la sección.
- Dos TOLVAS que cargan la semilla.
- Dos DOSIFICADORES DE SEMILLA, sistema encarrilado.
- Dos LLANTAS montadas sobre rodamientos en el larguero trasero, aro 13.
- Dos TOLVAS para la carga de estiércol.
- Dos DOSIFICADORES DE ESTIÉRCOL, dispositivos instalados en el interior de las cajas respectivas.
- Dos TUBOS DE DESCARGA del estiércol.

Funcionamiento

- Siembra en dos hileras en matas distanciadas a 80 o 90 cm. de surco a surco y 90 cm. de mata a mata.
- PRE-SURCADORES, despejan la tierra seca de la superficie en busca de la humedad.
- SURCADORES DE SIEMBRA, buscan la humedad y preparan la cama para la siembra;
- DOSIFICADORES que miden y echan la semilla de acuerdo a la densidad de la semilla requerida.
- LLANTAS MOTRICES que gradúan la profundidad de la siembra y sincronizan los obturadores de la semilla produciendo el sonido de control de siembra.
- Dos TOLVAS de carga. que transportan el estiércol.
- Dos DOSIFICADORES DE ABONO, echa estiércol en el momento de la siembra de manera localizada junto o a distanciado a la semilla en cada mata.

Análisis comparativo de la siembra con SATIRI respecto a la manual

Modalidad	Rendimiento hr/ha	Ahorro tiempo %
Manual	48:00	0
SATIRI	1:30	96

El mercado de maquinaria agrícola no oferta instrumentos de labranza aptos para aplicar en el cultivo de la Quinua, sin embargo los saberes del productor proporciona las alternativas tecnológicas que se concreta en la experiencia práctica, el trabajo y la productividad.

En el transcurrir del tiempo el estiércol será principal factor determinante de la productividad de la Quinua Orgánica, siendo la única materia orgánica para restablecer y mantener la fertilidad del suelo.

Conclusiones

- La siembra de Quinua es de singular tecnología y la maquinaria para tal efecto es manufacturada en la localidad permitiendo el cultivo extensivo de la Quinua. Estas alternativas tecnológicas deben ser consideradas en su conjunto y no como prácticas aisladas.
- Se verifica la evolución de la Máquina Sembradora *SATIRI* para la producción sostenible de la Quinua Orgánica, no obstante se debe seguir la procura de mejorar la maquinaria.

Referencias citadas

INSTITUTO BOLIVIANO DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA.1995. Mecanización del cultivo de la Quinua en el altiplano Sur.

PROYECTO DE AUTODESARROLLO CAMPESINO /CCEE CORDEOR BOLIVIA. 1988. Tecnologías campesinas de los Andes.

PROGRAMA QUINUA ALTIPLANO SUR. 2007. Fertilidad, uso y manejo de suelos en la zona del intersalar, departamento de Oruro y Potosí.

Sembradora mecánica de precisión en surcos para la quinua en el Altiplano Centro y Norte

Miguel Angel Gonzales[1]; Gualberto Colbert[2].

[1]Proyecto Semillas Andinas, FAO-MDRyT-INIAF.

[2]Productor de quinua de la comunidad de Iñacamaya Municipio de Umala, La Paz.

E-mail: micky.maga@yahoo.es

Resumen

El Altiplano centro y norte del departamento de La Paz, ha quedado postergado en la generación, adecuación e innovación tecnológica para la producción de quinua, a pesar de haber sido hace dos décadas atrás, la zona de mayor producción de quinua de Bolivia, que principalmente abastecía al mercado interno nacional. Actualmente, la mayor parte de los emprendimientos tecnológicos de toda índole, están orientados a la producción de quinua real, producida en el Altiplano sur y centro, correspondiente a los departamentos de Potosí y Oruro. En La Paz el sistema de siembra es diferente (al voleo) y la semilla es enterrada a mucha profundidad, no permitiendo una emergencia homogénea; con éste sistema de siembra, las labores culturales como raleo, deshierbe y aplicación de fertilizantes y pesticidas químicos u orgánicos se hace difícil. El trabajo se realizó en la comunidad de Iñacamaya, del Municipio de Umala en la provincia Aroma del departamento de La Paz, a una distancia aproximada de 27 Km desde la ciudad intermedia de Patacamaya. Con el objetivo de desarrollar un equipo de tracción mecánica para la siembra de precisión en surcos del cultivo de quinua en el Altiplano centro y norte de La Paz. El equipo de siembra modificado realiza la siembra de quinua a una profundidad homogénea (2,5 a 3,5 cm) y distancia entre semillas de 6 a 8 cm., que optimiza el uso de semilla, lograndose utilizar entre 1.650 gr. y 1.700 gr. de semilla por Ha., se logro la emergencia de 24 a 28 plantas por m^2 y una distancia uniforme entre surcos de 50 cm, distancia que permite ralizar las labores de mantenimiento del cultivo de manera manual o mecanizada. El equipo tambien cuenta con una tolva de dosificación de fertilizantes o guano que permite aplicar directo al surco donde cae la semilla.

Palabras claves: Equipos; siembra; semilla; quinua; Altiplano.

Introducción

Históricamente la producción de quinua en el Altiplano Central y Norte del departamento de La Paz, ha tenido mucha importancia por los volúmenes de producción que se tenía en esta región. En las décadas anteriores a los noventa la producción de quinua del Altiplano centro y norte representaba cerca del 70 % de la producción nacional (Aroni G.) con variedades dulces y semi-amargas, a pesar de esto la introducción de tecnología para los productores de esta región ha sido muy poco significativa.

Prácticamente desde el cierre del Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria (IBTA), no se ha generado más tecnología para esta región, limitandose a los intentos de proyectos e instituciones privadas que no han logrado impactos relevantes.

El desarrollo de tecnología, que apoye a la producción mecanizada de este cultivo, no se ha realizado y las condiciones de producción siguen siendo las mismas de hace más de treinta años, que da como resultado una vulnerabilidad muy alta en la emergencia de la quinua y consecuentemente una disminución de la superficie cultivada en esta región.

A pesar de que se ha desarrollado tecnología para el apoyo en la producción de quinua de manera mecanizada, ésta ha sido diseñada para la producción de las variedades de quinua real, que se siembra de manera diferente (hoyos) que no se adapta a lo practicado en el Altiplano centro y norte de La Paz, que en su mayoría se hace en surcos al voleo.

Ante esta situación, la necesidad del desarrollo e innovación adaptativa de tecnología existente, ha generado la presente propuesta, que tiene por objetivo el desarrollar un equipo de tracción mecánica para la siembra de precisón en surcos del cultivo de quinua en el Altiplano centro y norte del departamento de La Paz.

Materiales y métodos

Localización

El trabajo se realizó en el Altiplano Central, en la comunidad de Iñacamaya del Municipio de Umala, distante a 27 Km de la ciudad intermedia de Patacamaya de la provincia Aroma del Departamento de La Paz.

Geográficamente se encuentra situada en 17°17'10" latitud sur, 68°08'18"longitud oeste, a una altura de 3870 m.s.n.m. Ubicada dentro de la zona de estepa montañosa (Puna semiárida) con flora espinosa xerofítica (INE, 2000; Atlas estadístico de municipios, 1999).

En la zona de estudio, se observa que el período húmedo, abarca del mes de noviembre a marzo y el período seco desde abril a octubre, notándose que marzo es un mes transitorio entre ambos períodos.

La precipitación anual acumulada se encuentra entre los 350 y 405 mm. La temperatura máxima varía de 17°C (enero) a 22,4°C (marzo) y la temperatura mínima varía de 6°C (diciembre) a -9,8°C (mayo). Los vientos alcanzan una velocidad de 25 Km/hr. La humedad relativa registrada en este periodo agrícola 2007-2008, oscila de 37 % como la más baja (marzo a 88% la más alta (enero) (Gonzales 2007).

Método

Al ser una propuesta que innova en el sistema de siembra de la quinua para el altiplano centro y norte, se trabajó sobre la base del equipo de siembra de granos, adquirido en la ciudad de Santa Cruz de la Sierra.

Este equipo fue escogido tomando en cuenta los elementos mínimos propios de una sembradora mecánica como son el bastidor, tolvas para semillas y fertilizantes, órganos de distribución y órganos de enterrado.

Para conocer el funcionamiento del equipo y ver como se lo podía modificar fue necesario desmontarlo separando los diferentes organos y tolvas del equipo:

Tolva de carga de semilla. La tolva que tenía la maquina no tuvo que ser modificada, al contar con un sistema de llenado apropiado para la semilla de quinua, porque tiene una buena posibilidad de vaciado total y es fácil de ver el contenido. Estas caracteristicas son importantes al momento de hacer cambio de semillas y de variedades si es necesario.



Figura 1.
Imágenes de la tolva de carga de semilla.

Como se observa en la imagen, el llenado de la semilla es fácil y cuenta con una compuerta que cierra el depósito, evitando que haya algún derrame por alguna situación no prevista y cuanta con una compuerta de descarga situada en la parte inferior de la tolva que permite su fácil vaciado de la semilla excedente.

Órgano ***de distribución de semilla.*** Posteriormente se procedió a examinar el sistema de distribución de semilla, se empezó con el disco de distribución cuyos alveolos fueron rellenados, para luego modificarlos para la semilla de quinua. Esta es la pieza fundamental para la distribución de la semilla, debio a que su objetivo es ser el receptáculo de la semilla que al momento de girar y con ayuda de la gravedad, los

alveolos se llenan con la semilla, que inmediatamente es vertida para ser depositada en el suelo.

Se hicieron nuevos alveolos considerando el tamaño de la semilla de quinua y la distancia con que debía ser distribuida al momento de la siembra. Se tomó en cuenta el tamaño y profundidad de los nuevos alveolos de carga, debido a que si la profundidad o diámetro del alveolo son demasiados, la semilla que es recogida puede ser más de una, lo que ocasionaría que exista la distribución de más de una semilla al suelo.

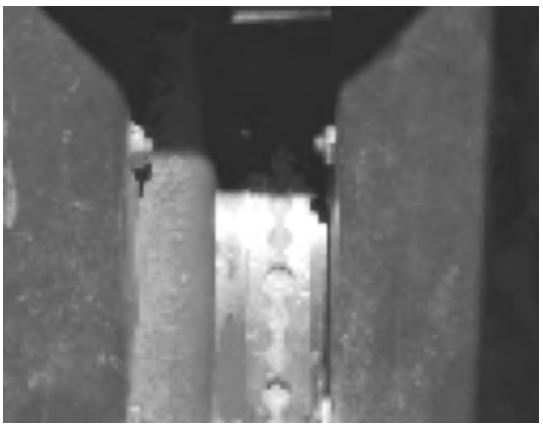


Figura 2.
Imagen del disco de distribución de semilla ya calibrado a las distancias requeridas.

Órgano ***de enterrado de la semilla.*** Inicialmente el equipo al estar diseñado para semilla de mayor tamaño cuenta con dispositivos adicionales para tal efecto, que para el caso de la semilla de quinua era demasiado (más de 12 cm), los cuales tuvieron que ser retirados.

Para la semilla de quinua es importante considerar la profundidad del enterrado, debido a su influencia en la emergencia de la planta; si está muy enterrada no logra emerger y si está muy encima las condiciones de humedad deben ser mayores y se encuentra más expuesta al calentamiento por el sol. Esto es mencionado por Flores *et al.* 2010, que cita a Mujica (1977) indicando que la profundidad de siembra de quinua no debe sobrepasar los 3 cm.

Hace más de 20 años las condiciones o épocas de siembra eran diferentes (SANREM 2008), la época de siembra de quinua empezaba en el mes de septiembre que duraba hasta el mes de octubre. En la actualidad se lo hace hasta el mes de noviembre, por causa de falta de humedad en el suelo, que debe ser cubierta con las primeras precipitaciones pluviales, que deben alrededor de 12 mm para realizar la siembra (Bonifacio), esto permite sembrar a una profundidad de aproximadamente 3 cm, pero si es menor la evaporación puede ser muy alta y en consecuencia la semilla puede morir.

Considerando estos factores se definió que la semilla no debe estar cubierta por mas de 4 cm. de tierra, cantidad que permite que la semilla se hidrate lo suficiente para germinar sin temor a que el suelo pierda mucha humedad antes de la emergencia.

Tolva de dosificación de fertilizantes. El equipo cuenta con una tolva de dosificación de fertilizante, que también sirve para incorporar guano bien mullido que se deposita directo al surco donde queda la semilla de quinua. Tiene una capacidad entre dos y tres quintales de guano bien descompuesto y desterronado.

Resultados y discusión

El equipo modificado, se clasifica como equipo de siembra de precisión con distribuidor de disco vertical, en el entendido de que la maquina deposita la semilla a una profundidad uniforme y distancias iguales en líneas paralelas (Porras y Soriano).

Despues de realizar varias pruebas se observó que el equipo modificado deposita la semilla de quinua a una profundidad que se encuentra entre los 2,5cm y 3,5 cm, con algunas variantes que se deben a la uniformidad de suelo.



Figura 3.
Imagen de la distancia entre semillas que llegan a tener en el suelo.

La semilla es depositada a una distancia que se encuentra en el rango de 7 y 8 cm; éste equipo deposita una sola semilla, a diferencia de otros equipos de siembra de quinua diseñados para el altiplano sur que lo hacen por hoyos (Satiri), que depositan la semilla en una cantidad de 80 semillas por golpe y un intervalo de 1m. entre hilera y golpe (Aroni G.).

Inicialmente la profundidad de apertura del surco donde se deposita la semilla fue de 12 cm, pero al modificar la reja de la surcadora el resultado de apertura es de 7 cm de profundidad, por mucho diferente a lo que se realiza de manera rutinaria en la zona de estudio donde se utiliza surcadora de papa para realizar la siembra de quinua, que entierra la semilla a demasiada profundidad, que evita la emergencia de la semilla.

El tubo de depósito de la semilla se encuentra detrás de la reja y la semilla queda enterrada entre los 3 y 4 cm. Para favorecer el contacto adecuado de la semilla y el suelo la maquina realiza una apisonado del surco donde quedo la semilla con la ayuda de rodillos individuales que caen sobre al surco.

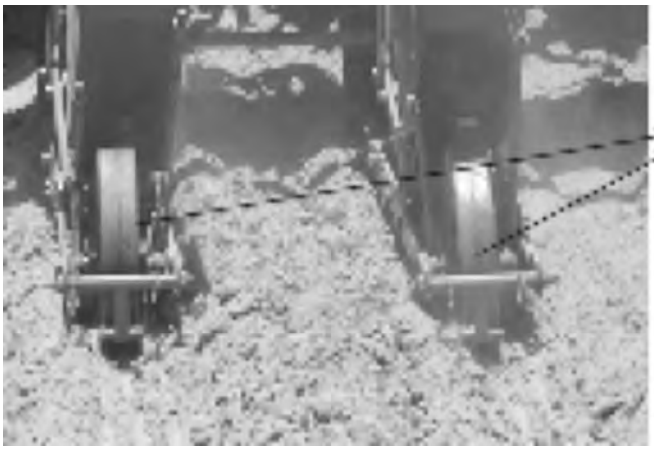


Figura 4.
Imagen de las ruedas que apisonan en el surco para mejorar el contacto con la semilla.

La imagen muestra como los rodillos apisonan la tierra en cada surco, donde fue depositada la semilla. El movimiento del distribuidor de semilla es realizado a partir de un sistema de engranajes montados que van unidos a la rueda y el bastidor de la maquina (lugar donde estan conectado el organo de distribución), dando el movimiento de recolección y depósito al momento de la siembra.



Figura 5.
Imagen del sistema de engranajes originales del bastidor.

La cantidad de semilla utilizada por Ha se encuentra en el rango de 1,650 gr a 1,700 gr, muy por debajo a lo que menciona Aroni G. que indica que en la siembra de quinua se utliza entre 8 y 12 kg/ha y los 7 a 8 kg/ha mencionado por Bonifacio A.

La emergencia lograda con el equipo de siembra ha sido en promedio de 24 a 28 plantas por m^2., que tienen una distancia entre plantas que se encuentra en el rango de 6 a 8 cm.

Se realizó las pruebas de siembra con una distancia entre surcos de 50 cm, esta distancia no es fija y puede ser modificada a requerimiento.



Figura 6.
Imagen de parcelas de prueba sembradas con el equipo de siembra de precisión.

Conclusiones

- La modificación del equipo para la siembra de quinua ha tenido éxito, y permite sembrar la quinua a una profundidad que varia de 2,5 a 3,5 cm.
- Es importante el estado del suelo para la siembra, se observa que este debe estar muy bien preparado y desterronado y lo más homogéneo posible, para evitar el desnivel en la siembra, que afecta en la posterior emergencia.
- La descarga de la semilla sobrante de una determinada variedad, es fácil, lo que permite cambiar de variedad si es necesario en cada una de las tolvas de carga de semilla.
- Se logró obtener un distanciado entre semillas que varía entre 6 y 8 cm y se trabajo con una distancia entre surcos de 50 cm que pueden ser modificados a requerimiento.
- El sistema de rodillo alineado con la surcadora evita que haya arrastre de la semilla, una vez colocada en el suelo, lo que favorece que la hilera de plantas sea uniforme, y que la semilla tenga un buen contacto con la tierra, favoreciendo así una buena emergencia.
- El equipo, al controlar la salida de semilla, utiliza entre 1,650 a 1,700 gr de semilla por ha sembrada, (variedad Jacha grano, Chucapaca y Kurmy).

- La emergencia de las plantas es de 24 a 28 plantas por metro cuadrado, con un posterior desarrollo uniforme, permitiendo ahorrar trabajo en labores como el raleo, permite una mejor utilización equipos de fumigación y podría favorecer la cosecha mecánica.
- El equipo permite realizar la labor de fertilización o incorporación de materia organica (guano compostado y mullido) al momento de la siembra, con la consideración que éste debe ser de particulas pequeñas para evitar la obstrucción de los conductos de descarga.

Referencias citadas

Aroni G. Producción de quinua en Bolivia, disponible en: http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/produ/cdrom/contenido/libro14/cap2.2.htm

Bonifacio A. Aspectos agrícolas y de mejoramiento de la quinua en Bolivia, disponible en: http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/produ/cdrom/contenido/libro07/Cap3_8.htm

Flores J. y Chiquito M. 2010. Tecnología productiva de la quinua Modulo I. Perú.

Gonzales M. A. 2007. Informe anual Proyecto SANREM CRSP LTRA-4 (Practices and strategies for vulnerable agroecosystems), Fundación PROINPA. La Paz, Bolivia.

INE, 2000. Atlas estadistico de Municipios, 1999.

Porras y Soriano. Sembradoras, principios y caracteristicas: disponible en: http://www.uclm.es/profesorado/porrasysoriano/maquinaria/temas/sembradoras.pdf

Tecnología de procesamiento de quinua a pequeña escala en el Altiplano Sur de Bolivia

Genaro Aroni; Milton Villca; Milton Pinto; Wilfredo Rojas.

Fundación PROINPA.

E-mail: g.aroni@proinpa.org

Resumen

Durante dos campañas agrícolas 2008-2009 y 2009-2010, se realizó el estudio de difusión de tecnología de procesamiento de quinua a pequeña escala en 5 comunidades del altiplano sur: Copacabana, Colcha K, provincia Nor Lípez (Potosí), Jirira, lrpani, provincia Ladislao Cabrera (Oruro) y Chita, provincia Antonio Quijarro (Potosí). Este trabajo se desarrolló con el objetivo de contribuir a incrementar el consumo de quinua en las familias productoras de quinua y también a promocionar el uso de microbeneficiadoras para quinua como alternativa tecnológica de procesamiento para el beneficiado de quinua. En cada comunidad se conformaron comités de beneficiado para registrar la frecuencia de uso de las máquinas, las cantidades de quinua beneficiada por familia, los preparados alimenticios que realizaron y una estimación del incremento en el consumo de la quinua. Los resultados indican que las maquinas fueron de mucha utilidad en 4 de las 5 comunidades colaboradoras. Asimismo, se estableció que la ubicación de las comunidades juega un rol importante para la adopción de la 'microbeneficiadora', mientras más alejadas se encuentren de los centros poblados y de expendio de alimentos, mayor es el uso de la tecnología y como consecuencia mayor disponibilidad del producto para el consumo de las familias. Se estableció también que el 87% de las familias en las 5 comunidades conocen la 'microbeneficiadora para quinua' y el 75% utilizan la máquina. De acuerdo a los agricultores colaboradores esta nueva tecnología de procesamiento, ha incentivado el consumo de la quinua entre los miembros de sus familias, porque la maquina facilita el beneficiado del grano, en menor tiempo en contraste con el beneficiado artesanal o manual, que demora más tiempo.

Palabras claves: Tecnología; procesamiento; quinua.

Introducción

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) es un cultivo que históricamente ha jugado un rol importante en las familias del altiplano boliviano. En los últimos años se ha visto favorecida por los precios atractivos que alcanzó el mercado internacional y que está teniendo una fuerte repercusión en los aspectos social, cultural, económico y ambiental, en particular del altiplano sur. La quinua es un grano andino de alto valor nutritivo con proteína de calidad, con ocho aminoácidos esenciales y rica en hierro, calcio, fósforo, magnesio y vitaminas del complejo B (Astudillo 2006). Como fuente de proteína vegetal puede ayudar al crecimiento y desarrollo del organismo, a conservar el calor y la energía del cuerpo, son fáciles de digerir y combinados con otros alimentos forman una dieta completa y balanceada que pueden sustituir alimentos de origen animal (Rojas *et al*., 2010). Estas cualidades nutricionales y la disponibilidad del grano en las comunidades del altiplano boliviano es una alternativa para mejorar las dietas de las familias productoras y de esta forma contribuir a fortalecer sus condiciones de nutrición y seguridad alimentaria de la región.

En altiplano sur de Bolivia, a pesar de que se producen mayores volúmenes de quinua que en el pasado, ya no se consume como hace 15 a 20 años atrás. En esa época la quinua era el sustento alimenticio y se almacenaba en un promedio de 10 a 12 quintales por familia, para el autoconsumo. La quinua estaba presente en el desayuno, almuerzo, cena y refrigerios. Actualmente casi toda la quinua producida por las familias va al mercado, quedando en promedio entre 2 a 3 quintales para el autoconsumo, lo que significa que las familias han reducido entre un 75 a 80% la disponibilidad de este producto para su alimentación. Sin embargo, también se advierte un mayor consumo de verduras, frutas y carne, producto de los ingresos económicos que genera el cultivo de quinua.

Los alimentos más comunes que han ido reemplazando la disminución de la quinua son el pan blanco, los fideos, el arroz, verduras, frutas y carne, producto de los ingresos económicos que genera el cultivo de quinua. Entre los factores que provocan esta disminución de consumo de quinua se puede mencionar la disponbilidad de dinero y liquides que a los productores les permite comprar alimentos más elaborados, de fácil preparación, y también el hecho de que las nuevas generaciones se resisten a realizar el beneficiado tradicional de la quinua.

En el marco del proyecto NUS-IFAD II se ha entregado en calidad de donación 5 máquinas 'microbeneficiadoras', que fueron obtenidas del Sr. Rolando Copa, a comunidades del altiplano sur para facilitar el desaponificado de la quinua o el beneficiado de la quinua, tal cual las familias del lugar acostumbran a la llamar a esta labor. Durante dos años consecutivos (2008 y 2009) se ha hecho un seguimiento al uso de estas máquinas por parte de las familias participantes y considerando como criterios su contribución en el beneficiado de quinua y como consecuencia incrementar el consumo de quinua en las comunidades donde se realizó el estudio. Los objetivos del trabajo fueron incrementar

el consumo de quinua de las familias productoras en 5 comunidades del altiplano sur y promocionar el uso de 'microbeneficiadoras' de quinua.

Metodología

Esta investigación se realizó en cinco comunidades situadas en el altiplano sur de Bolivia: Copacabana, Colcha K, provincia Nor Lípez (Potosí), Jirira, Irpani, provincia Ladislao Cabrera (Oruro) y Chita, provincia Antonio Quijarro (Potosí). En cada comunidad, se realizaron reuniones de acercamiento y coordinación con agricultores y autoridades locales, se explicaron los objetivos de la investigación enfatizando en los beneficios del uso de máquinas en el beneficiado de la quinua para contribuir a la alimentación y nutrición de las familias. En estas reuniones se organizaron comités de beneficiado, con personas responsables para el manejo de los equipos y control de la utilización durante el periodo de apoyo de parte de PROINPA. Una vez conformados los comités se entregaron las cinco maquinas microbeneficiadoras de quinua, una por comunidad.

De acuerdo a programación interna previamente acordada, en cada comunidad, se realizó el beneficiado de la quinua utilizando la maquina microbeneficiadora, esto ocurrió generalmente los fines de semana, los responsables tuvieron la obligación de registrar los nombres de las familias que realizaron esta tarea y fundamentalmente registraron las cantidades de quinua beneficiada para la preparación de los diferentes alimentos como sopa, graneado, pito y otros. En la última etapa de la investigación se realizaron evaluaciones entre los agricultores para conocer la utilidad del equipo además de establecer si existió algún incremento en el consumo de quinua a nivel de las familias de productores participantes.

Resultados y discusión

El beneficiado tradicional de la quinua

La quinua está recubierta con una capa de saponina que debe ser removida antes de ser consumida. En el altiplano sur existe un proceso artesanal que ha sido usado tradicionalmente por las mujeres para desamargar la quinua, el proceso incluye: el tostado de los granos, en recipientes de metal y con fuego a leña, el pisado con los pies descalzos en una piedra llamada saruna (quechua) o tiwiraña (aymara) y se usa una arcilla blanca llamada pok'era, esta arcilla facilita la fricción y realza el sabor del grano, luego se realiza el venteado, el lavado y secado de los granos en forma manual (Aroni *et al*., 2008).

El procesado de una arroba de quinua, desde el tostado hasta el secado del grano, toma 6 horas. Además, de ser un trabajo que consume bastante tiempo, el proceso tiene impactos negativos en la salud de la mujer ya sea por el quemado de los pies durante el pisado del grano caliente o por el polvillo que se genera producto del venteo, llega a irritar los ojos y partes del aparato respiratorio.

Aunque existen máquinas industriales que pueden beneficiar o desaponificar la quinua, existen obstáculos como el acceso físico a estas plantas industriales y su alta capacidad instalada, en contraposición a los reducidos volúmenes que maneja el agricultor para el autoconsumo (2 o 3 quintales). Por otro lado, la quinua beneficiada en las plantas industriales es rechazada por las personas debido a que el sabor y textura son diferentes a la quinua beneficiada artesanalmente, limitando la diversificación de su uso en diferentes platos. Las plantas industriales remueven la saponina a través del escarificado y lavado de la quinua en cangilones con agua, a diferencia del beneficiado tradicional que incluye el tostado, uso de pok'era, pisado y venteado (Astudillo *et al.,* 2007).

Características técnicas de la 'microbeneficiadora' de quinua

Aroni *et al.* (2008), mencionan que para mejorar el consumo de la quinua en las familias productoras se ha identificado un prototipo que con anterioridad fue diseñado y fabricado por el Sr. Rolando Copa, un prototipo que desde ese momento fue llamado 'microbeneficiadora' y que es relativamente pequeño y pesa aproximadamente 30 kilogramos (Foto 1). Las dimensiones de la maquina son de 70 cm de largo por 30 cm de ancho y 80 cm de alto. La máquina cuenta con las siguientes partes: Tolva de alimentación, Cilindro escarificador, Compuerta de entrada, Polea, Motor eléctrico o a gasolina, Compuerta de salida del grano desaponificado y Compuerta de salida de la saponina. La tolva de alimentación tiene una inclinación de 30 grados, con capacidad de una arroba, que alimenta al cilindro escarificador de 15 cm de ancho por 60 cm de largo, a cada extremo del cilindro existe una abertura de entrada y salida para los granos cada una de 2 cm x 6 cm. La alimentación al cilindro puede ser controlada mecánicamente con una compuerta de acceso y una transmisión de fuerza por polea mediante un motor. En la parte inferior de la maquina existe una abertura para la salida de la saponina.

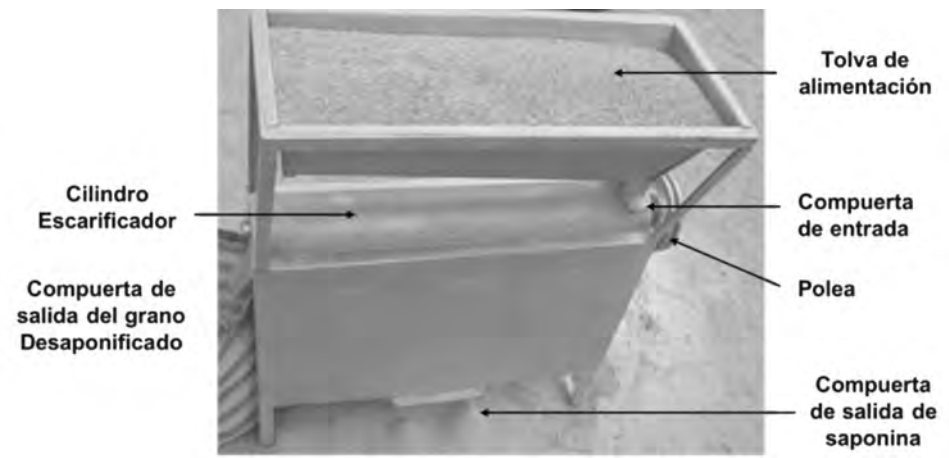


Foto 1.
Características de la 'microbeneficiadora' de quinua.

El principio del funcionamiento de esta máquina se basa en la fricción entre granos tostados, es decir que, los granos son frotados "grano con grano" (como cuando son pisados con los pies) a través de un tornillo "sin fin" que gira constantemente y los mueve a través del cilindro enmallado. Además, los granos se frotan contra las paredes del cilindro. El cilindro está construido con una malla de acero inoxidable. Por la malla se va expulsando la saponina. El tornillo "sin fin" cuenta con unas paletas que crean viento, lo que facilita la expulsión de la saponina. Esta máquina permite también el uso de la pok'era que se requiere para que los granos tengan el sabor que las personas prefieren, otra ventaja de esta máquina es que con ella se puede beneficiar quinua sin tostar.

La máquina puede ser adaptada a un motor eléctrico o de gasolina dependiendo de las condiciones de la comunidad. Dado que la mayoría de las comunidades no tiene electricidad es recomendable que se use un motor a gasolina. El motor puede ser cambiado en el futuro a un motor eléctrico si la electricidad llega a las comunidades. Debido a que la maquina requiere solo ½ HP (Horse power) para su funcionamiento, el consumo de gasolina es reducido (¼ litro por hora de uso).

La máquina puede procesar o beneficiar la quinua a un ritmo de 1 quintal por hora, así que puede procesar 1 arroba de quinua en 15 minutos, reduciendo el tiempo en más del 90% respecto al procesado tradicional, que realizan las mujeres, lo cual les toma 6 horas para el beneficiado de 1 arroba de quinua.

Entrega de 'microbeneficiadoras' a familias productoras de quinua

En primera instancia, se contactó al Sr. Rolando Copa de Industrias Rowland con base en la ciudad de Uyuni, para la construcción de 5 'microbeneficiadoras', 3 con motor a gasolina y 2 con motor eléctrico.

Cuadro 1.
Relación de participantes durante la entrega de 'microbeneficiadoras' para quinua, en comunidades del altiplano sur de Bolivia.

No.	Comunidades	Participantes		Total participantes
		Varones	Mujeres	
1	Copacabana	5	15	20
2	Colcha K	27	17	44
3	Chita	4	13	17
4	Jirira	7	7	14
5	Irpani	5	7	12
Total		48	59	107

Una vez que las máquinas estuvieron listas, se procedió con la entrega a agricultores de cinco comunidades seleccionadas del altiplano sur, del 5 al 9 de Noviembre de 2007 (Cuadro 1). Durante estos eventos de entrega se realizaron las pruebas de manejo con 107 participantes.



Foto 2.
Reunión de entrega y prueba de funcionamiento de la 'microbeneficiadora' para quinua, en la comunidad Colcha K.

En el caso de la comunidad Colcha K se tuvo la participación 44 agricultores, 27 varones y 17 mujeres (Foto 2), quienes presenciaron el momento de la entrega de la 'microbeneficiadora' y participaron en las pruebas de funcionamiento de la máquina.

En las comunidades Copacabana, Chita e Irpani, se tuvo mayor participación de mujeres que de varones (Cuadro 1). La entrega de las maquinas despertó mucho interés en las señoras agricultoras de estas comunidades debido a que ellas son las encargadas de preparar los alimentos para los integrantes de la familia.

La Foto 3 muestra el momento de la entrega y las pruebas de funcionamiento realizado en las comunidades Copacabana y Chita, en esta última comunidad existe un Club de Madres que realizan diferentes actividades para mejorar la calidad de vida de sus familias y recibieron con mucha expectativa la 'microbeneficiadora'.



Foto 3.
Entrega de 'microbeneficiadoras' para quinua en las comunidades Copacabana (Izquierda) y Chita (Derecha).

En cada comunidad se ha conformado un Comité transitorio con dos o tres responsables para que puedan colaborar en el manejo y registro del uso y beneficiado de la quinua (Cuadro 2). Algunas personas han prestado su colaboración con mucho más dedicación como en la comunidad de Chita, otras a pesar de algunas dificultades también han prestado su colaboración por eso fue muy encomiable su participación.

Cuadro 2.
Responsables de uso de 'microbeneficiadora' en cinco comunidades productoras de quinua.

Nº	Comunidad	Responsables
1	Copacabana (Nor Lipez, Potosí)	• Dionisio Villca Choque • Segundino Huanta Choque
2	Colcha K (Nor Lipez, Potosí)	• Esther Martínez • Francisca Colque López • Gabriel Cayo
3	Chita (Quijarro, Potosí)	• Eva Cruz • Nilda Paucar R. • Joaquín Villca
4	Jirira (L. Cabrera, Oruro)	• Nemesio Pérez P. • María Mamani • Teodoro Laura Barco
5	Irpani (L. Cabrera, Oruro)	• Javier Rodríguez P. • Pánfilo Pérez Cruz

Uso de la 'microbeneficiadora'

La 'microbeneficiadora' facilita el proceso de desaponificado o desamargado de la quinua, permitiendo el preparado de diferentes alimentos tradicionales destinados al consumo alimenticio de la familia productora. Desde esta perspectiva la necesidad de ofrecer a las mujeres una tecnología que les facilite el beneficiado de la quinua para la preparación de los alimentos de consumo tradicional en el hogar, se hace evidente sobre todo por el gran potencial que tendría en contribuir a mejorar el uso de la quinua en su alimentación y como consecuencia en la nutrición y la calidad de vida en las comunidades productoras de quinua.



Foto 4.
Prueba de funcionamiento de la 'microbeneficiadora' para quinua en la comunidad Jirira.

Durante la experiencia desarrollada por el Proyecto NUS IFAD II, el uso de las 'microbeneficiadoras' se realizó de acuerdo a un cronograma previamente establecido y de común acuerdo con las familias, que consistió en los fines de semana y en horarios acordados para el beneficiado de la quinua. Los responsables tuvieron la obligación de registrar los nombres de las familias que realizan esta tarea y fundamentalmente registrar las cantidades de quinua beneficiada para la preparación de los diferentes alimentos como: sopa, graneado, pito y otros preparados tradicionales. Para registrar la percepción de los agricultores respecto al uso de la maquina se realizaron reuniones para el llenado de encuestas, como resultado se recibieron comentarios e información respecto a la utilidad del equipo y pertinencia para su uso. En la Foto 4 se muestra la prueba de funcionamiento que se realizó en la comunidad de Jirira.

Cuadro 3.
Relación de quinua beneficiada en el periodo comprendido entre Enero 2008 a Diciembre de 2009.

Nº	Comunidad	Nº Fam.	Tipo de beneficiado (Libras)										Total (Libras)
			Sopa		Phisara		Pito		Mucuna		Harina		
			2008	2009	2008	2009	2008	2009	2008	2009	2008	2009	
1	Copacabana	62	626	2337	628	3488	80	355	74	25	48	210	7871
2	Colcha K	40	320	900	310	1181	36	185	8	47	0	50	3037
5	Chita	36	555	2407	558	2685	495	3193	360	1328	127	1600	13308
3	Jirira	17	195	1440	250	630	100	958	80	112	79	778	4622
4	Irpani	15	556	270	395	190	1028	0	527	25	924	0	3915
TOTAL		170	2252	7354	2141	8174	1739	4691	1049	1537	1178	2638	32753

En el Cuadro 3 se muestran los resultados del beneficiado de quinua utilizando la 'microbeneficiadora' durante el periodo comprendido entre Enero 2008 a Diciembre 2009. Después de la entrega de equipos, en las 5 comunidades se han logrado beneficiar 32753 libras de quinua, donde se destacan las familias de las comunidades de Chita y Copacabana como las que más utilizaron los equipos, con 13308 libras y 7871 libras de quinua beneficiada, respectivamente. En cambio la quinua beneficiada en las comunidades de Colcha K, Jirira e Irpani varió de 3037 a 4622 libras (Cuadro 3).

Asimismo, en las 5 comunidades beneficiarias del Proyecto NUS IFAD II han participado un total de 170 familias, quienes con esta iniciativa, tuvieron a disposición mayores cantidades de quinua beneficiada para su alimentación, respecto a años anteriores, en los que no disponían de una máquina que facilite el proceso de desamaragado de la quinua.

Según el Cuadro 3, durante los años 2008 y 2009, las familias participantes y en orden de importancia han beneficiado 13308 libras de quinua (6654 Kg o 145 quintales) en la comunidad Chita; 7871 libras de quinua (3935.5 Kg o 85.5 quintales) en Copacabana; 4622 libras de quinua (2311 Kg o 50 quintales) en Jirira; 3915 libras de quinua (1957.5 Kg o 43 quintales) en Irpani y 3037 libras de quinua (1518.5 Kg o 33 quintales) en Colcha K. En general, entre el 2008 y 2009 en las comunidades de Copacabana, Colcha K, Chita y Jirira se ha logrado un incremento entre el 72 a 82% de uso de quinua con la ayuda de la 'microbeneficiadora', con excepción de la comunidad de Irpani que ha decrecido el uso por factores que se atribuyen a la presencia de una beneficiadora industrial que funciona en la comunidad, a su cercanía a centro importantes de aprovisionamiento de alimentos y también a problemas de interés y organización en la administración del prototipo.

La Figura 1 muestra las cantidades de quinua beneficiada para diferentes preparados tradicionales durante dos años consecutivos. En el año 2008, en las cinco comunidades, la tendencia fue beneficiar quinua principalmente para la preparación de Sopa y Phisara con 2252 libras y 2141 libras, respectivamente, luego para Pito (1739 libras), Harina (1178 libras) y Mucuna (1049 libras).

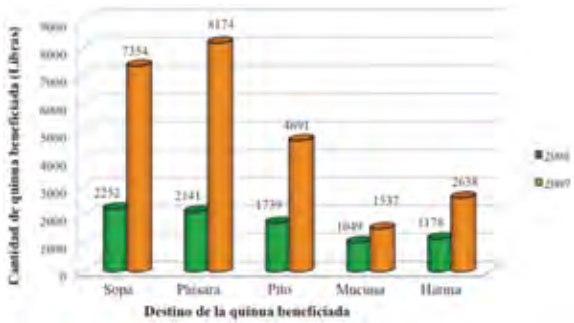


Figura 1.
Evolución de la cantidad de quinua beneficiada con la 'microbeneficiadora', para diferentes preparados alimenticios tradicionales.

Esta tendencia fue similar en el año 2009, se benefició quinua principalmente para Phisara y Sopa con 8174 libras y 7354 libras, respectivamente, se registró un incremento de más del 300% en la cantidad de quinua beneficiada para estos dos preparados tradicionales.

En el caso de la quinua beneficiada para Pito (4691 libras), se observa un incremento de más de 260%, similares resultados se registraron para el caso de la Harina de quinua. También se observó un incremento en la cantidad de quinua beneficiada para Mucuna aunque es menor a los descritos anteriormente (Figura 1).

Coordinación con otros proyectos

En la comunidad Chita, situada en la Provincia Antonio Quijarro de Potosí, se trabajó con el Club de Madres "Juana Azurduy Padilla", las agricultoras de este Club de Madres tienen muchas necesidades para mantener vigente a su agrupación, entre ellas el de contar con máquinas que faciliten el procesamiento de alimentos para sus familias. Por esta razón, se ha apoyado en la elaboración y gestión de un proyecto para acceder al apoyo del GIZ (Cooperación de Alemania) y la obtención de un molino para granos. Para la adquisición del molino, se ha cumplido con la recopilación de información necesaria sobre las actividades que realiza el Club de Madres, la ubicación de la comunidad donde está establecida la organización social y lo que es más importante se ha verificado la necesidad y la predisposición de las madres de familia en mejorar sus condiciones de vida.



Foto 5.
Entrega y pruebas de molienda de quinua en la comunidad Chita.

Después de la visita de técnicos del GIZ efectuada en mayo de 2009, para conocer en el lugar las actividades que realiza el Club de Madres, se ha obtenido la aceptación de colaboración del GIZ con la dotación de un pequeño molino. El 7 de septiembre de 2009 se concretó la entrega del molino para granos (Foto 5), que complementa a la 'microbeneficiadora' para quinua, por consiguiente el Club de Madres de la

comunidad Chita cuenta con dos máquinas para beneficiar y moler quinua destinada principalmente para el consumo familiar.

Cuadro 4.
Comunidades, alimentos preparados y número de participantes en los talleres de nutrición y diversificación de usos alimentarios en base a quinua.

Nº	Comunidad	Número de participantes	Preparados alimenticios
1	Chita	13	· Néctar de quinua · Chip de quinua · Queque de quinua
2	Copacabana	39	
3	Jirira	8	
4	Colcha K	8	
Total	**4**	**68**	**3**

Con el propósito de incentivar al incremento de consumo de quinua de las familias participantes, entre agosto y diciembre de 2009, se ha efectuado 4 talleres sobre "Nutrición y diversificación de usos alimentarios de la quinua" en cuatro comunidades de las cinco, no se pudo realizar en la comunidad de Irpani por falta de interés a pesar de haber promocionado el evento. Estos talleres se realizaron en coordinación directa con el Proyecto Producción Sostenible de la Quinua, financiado por la Fundación McKnight y ejecutado también por PROINPA, que apoya en la investigación tecnológica y productiva de la quinua en comunidades del Altiplano de Bolivia.

Los talleres se realizaron los días 26, 27 y 29 de agosto; y 1 de diciembre de 2009 (Foto 6). En total participaron 68 agricultores, entre varones y mujeres, quienes realizaron la preparación de 3 alimentos en base a quinua beneficiada: Néctar de quinua, Chip de quinua y Queque de quinua (Cuadro 4).



Foto 6.
Participantes del taller y elaboración de chips de quinua en la comunidad Copacabana.

Evaluaciones participativas respecto a la 'microbeneficiadora' para quinua

Para conocer la percepción de los agricultores sobre el funcionamiento de las 'microbeneficiadoras' se realizaron reuniones en cada comunidad, en las que se realizaron Evaluaciones Participativas con agricultores. El método aplicado fue Evaluación Abierta y los resultados alcanzados se muestran en el Cuadro 5.

Cuadro 5.
Resultados de Evaluación abierta en la validación del uso de la 'microbeneficiadora'.

Criterios	Aspectos Positivos	Aspectos negativos
Mantenimiento de la máquina	Las maquinas funcionan bien, no necesitan de mantenimiento continuo. Los fabricantes están predispuestos a solucionar problemas de funcionamiento de las 'microbeneficiadoras'.	
Frecuencia de uso	Las máquinas están disponibles para su uso en cualquier momento, solo se tiene que coordinar con los encargados para fijar hora de uso. No se usa mucho en diciembre y enero, pero el uso aumenta significativamente entre marzo a abril.	En la comunidades de Colcha K y Jirira los participantes del proyecto reconocen que no están utilizando la maquina en forma permanente.
Manejo de la maquina	Los responsables de las maquinas manejan hasta ahora sin problemas y están aprendiendo a regular. Para proporcionar el sabor peculiar a la quinua en el beneficiado de la quinua con la 'microbeneficiadora' se está incorporando la "pok'era". (polvo blanco que ayuda la fricción en el escarificado del grano.) En la mayoría de las comunidades los responsables han logrado regular la máquina para disminuir significativamente la cantidad de granos partidos.	Algunas señoras afirman: Cuando no está el responsable es necesario que los participantes también aprendamos el manejo de la máquina y no perjudicarnos
Incremento de consumo de quinua	En todas las comunidades han aceptado que algunas familias por facilidad del beneficiado están consumiendo más quinua. En las 5 comunidades los participantes están utilizando las 'microbeneficiadoras', aunque todavía muy moderadamente pero este uso está permitiendo contrastar el beneficiado entre la 'microbeneficiadora' y la forma tradicional de hacerlo. La responsable del manejo en la comunidad de Chita indica que: para un buen beneficiado de la quinua el consumidor debe seleccionar su mejor grano, separando los granos pequeños, inmaduros, verdes y otros que bajan la calidad además estos perjudican una cocción uniforme de los granos.	Según una señora de Colcha K la quinua beneficiada no cuece parejo unos granos revientan más rápido que otros Otra señora de la misma comunidad indica que saca mucha saponina. Hay merma de la quinua.

Encuesta sobre las ventajas y desventajas del uso de la 'microbeneficiadora' para quinua

Con el propósito de realizar una evaluación final del uso de las 'microbeneficiadoras' en las cinco comunidades se ha realizado encuestas al 24% de las familias (Foto 7) de un universo de 170 familias en las 5 comunidades, los resultados se describen a continuación.



Foto 7.
Encuesta comunidad Jirira, Diciembre 2009.

La Figura 2 muestra la relación porcentual de las respuestas obtenidas a la pregunta ***¿Conoce o no, la 'microbeneficiadora' de quinua?.*** Los resultados indican que el 87% de los entrevistados si conoce a la 'microbeneficiadora', contrariamente el 13% no conoce esta máquina. Respecto a la pregunta **¿Utilizan o no la *'microbenefciadora' de quinua?,*** el 75% respondió que si utilizan la máquina, en cambio el 25 % mencionó que nunca utilizó la microbeneficiadora.

En conclusión, la mayoría de los entrevistados mencionaron que si conocen y utilizan la 'microbeneficiadora' para quinua, esto nos indica preliminarmente que en las comunidades beneficiarias, las maquinas tuvieron buena aceptación y se constituyen en alternativas tecnológicas para procesar la quinua destinada principalmente a la alimentación de las familias. Un aspecto importante es la ubicación de las comunidades, mientras más alejadas se encuentren de los centros poblados y de expendio de alimentos, mayor es el uso de la 'microbeneficiadora' y como consecuencia mayor disponibilidad del producto para el consumo de las familias. Es necesario continuar con los trabajos de difusión para que la 'microbeneficiadora' sea conocida y utilizada por todos los productores de quinua.

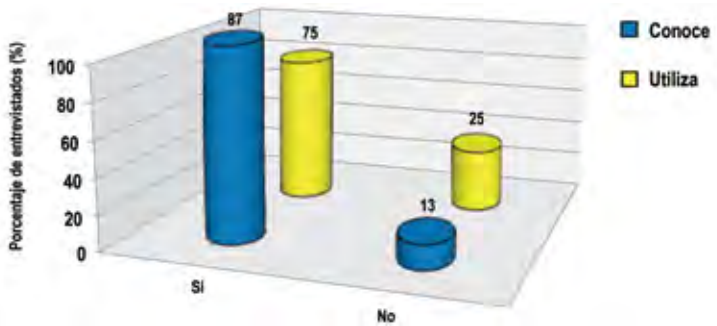


Figura 2.
Relación porcentual de familias que conocen y utilizan la 'microbeneficiadora' para quinua.

La Figura 3 muestra la relación porcentual de respuestas obtenidas a la pregunta *¿A través de quien conoció la 'microbeneficiadora' de quinua?*. La respuesta mayoritaria de los entrevistados (57%) indica que conocieron la 'microbeneficiadora' a través de PROINPA, seguido por las reuniones comunales (14%), parientes o familiares (9%), vecinos (2%) y otros (5%).

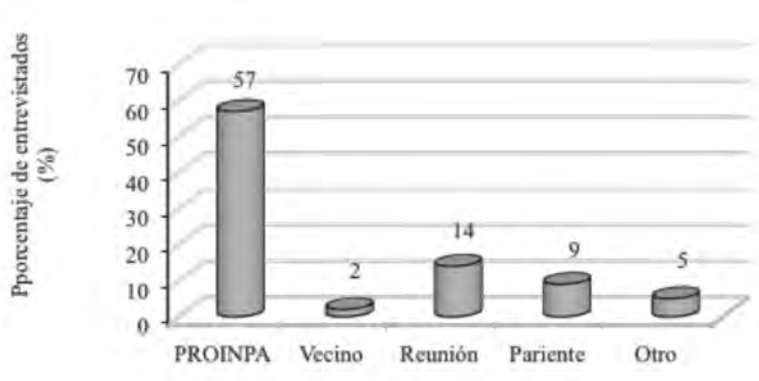


Figura 3.
Fuentes de información y difusión de la 'microbeneficiadora' para quinua.

Los resultados de la Figura 3, refleja el esfuerzo que realizó PROINPA a través del proyecto NUS IFAD III para promocionar a la 'microbeneficiadora' entre los agricultores de las cinco comunidades. La difusión de esta nueva tecnología se realizó en diversas reuniones donde se hicieron pruebas de funcionamiento de la maquina con pocos agricultores, aumentando posteriormente el número de ellos, debido al interés que despertó la tecnología.

Respecto a la pregunta ¿Cuáles son las ventajas de la *'microbeneficiadora'?,* los encuestados identificaron 7 razones importantes (Figura 4). Más del 66% de los agricultores encuestados respondieron que la principal ventaja que tiene la 'microbeneficiadora' es que realiza el beneficiado en ´menor tiempo´. Otra ventaja importante identificada por el 52% de los agricultores, es que la maquina ´evita pisar caliente los granos tostados de quinua´, reduciendo el riesgo de quemaduras en los pies de las señoras, además que el pisado en caliente causa molestias al momento del beneficiado tradicional o artesanal. Asimismo, el 38% de los encuestados mencionaron que con la maquina se puede beneficiar en mayor cantidad, en forma muy sencilla y fácil.

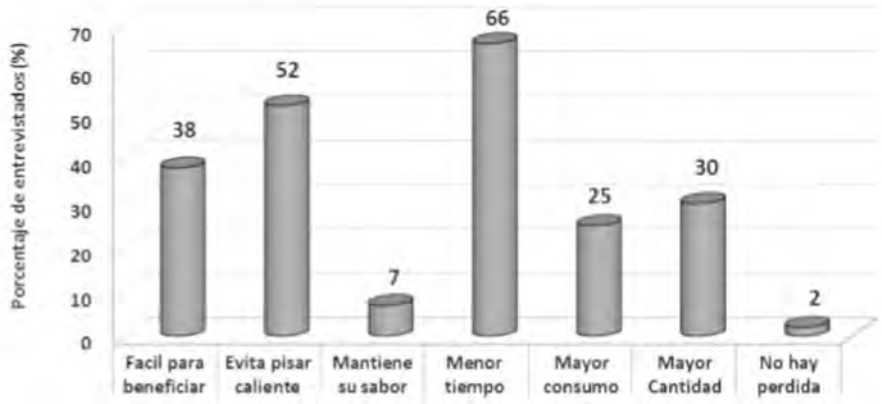


Figura 4.
Ventajas de la 'microbeneficiadora'

El 25% de las personas encuestadas mencionaron que la 'microbeneficiadora' promovía indirectamente el ´Mayor consumo de la quinua´. En cambio solo el 7% y el 2% de los encuestados mencionaron que con la 'microbeneficiadora' se ´Mantiene el sabor de la quinua´ y que en el proceso ´No existen perdidas´, respectivamente (Figura 4).

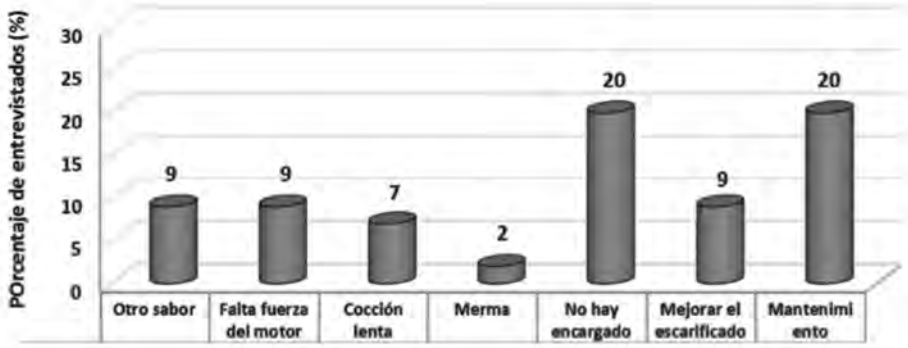


Figura 5.
Desventajas de la 'microbeneficiadora'.

Similarmente se identificaron 7 desventajas mencionadas por los productores de quinua (Figura 5), entre las más comunes, el 20% de los encuestados mencionaron que ´El encargado o responsable a veces no está disponible para el uso de la maquina´ y que ´No hay personas para dar mantenimiento a la maquina´ en algunos casos hubo problemas en el funcionamiento del motor (9 %) a veces en el campo no hay gasolina; también que con la maquina ´Cambia el sabor de la quinua´(9%), mientras que algunas personas (9%) creen que debería ´Mejorar el escarificado del grano´.

Se identificaron cinco razones para utilizar la 'microbeneficiadora' (Figura 6). La respuesta más común mencionada por 57% de los agricultores encuestados fue que la maquina ´Incentiva el autoconsumo de la quinua´, seguido de que es 'Muy barato (económico) beneficiar la quinua' usando la 'microbeneficiadora' (20%) y que 'Facilita el beneficiado' (14%).

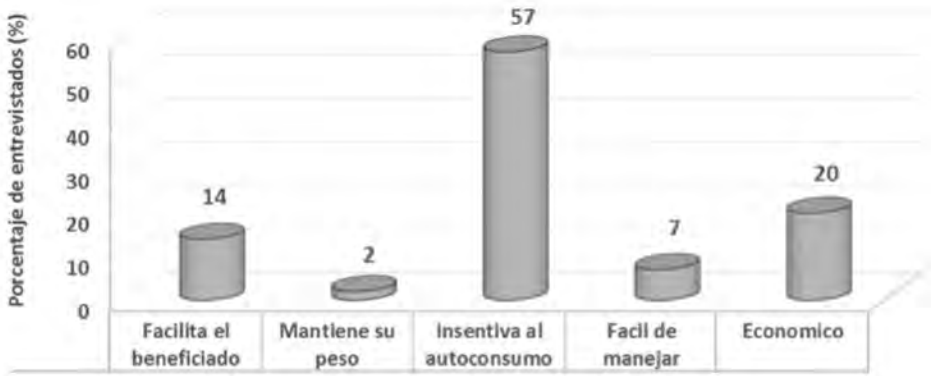


Figura 6.
Razones para utilizar la 'microbeneficiadora'.

Respecto a la pregunta ¿Por qué no utiliza la ***'microbeneficiadora'?***, cinco de los encuestados mencionaron que 'No hay atención de los encargados' y que 'No disponían de tiempo' para utilizar la máquina. También mencionaron que hace 'Falta de gasolina', 'Poca cantidad de quinua para beneficiar' y que 'No hay personas para tostar la quinua' (Figura 7).

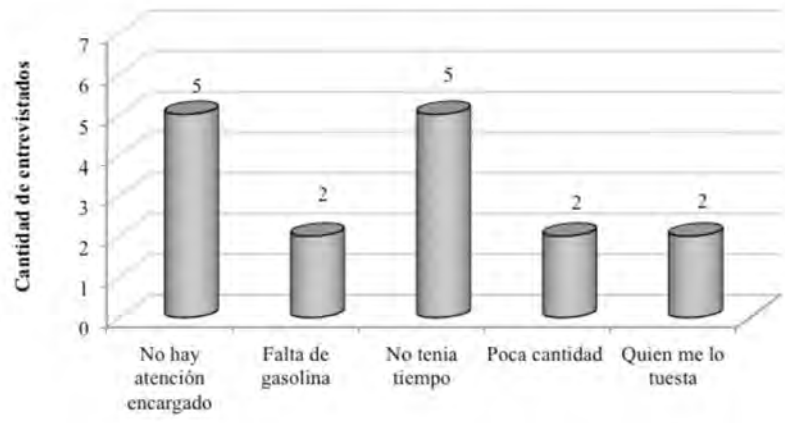


Figura 7.
Razones para no utilizar la 'microbeneficiadora'.

Entrevista a productores

Según entrevistas a familias beneficiadas, como el caso de la comunidad de Copacabana, algunos productores han beneficiado quinua en cantidad para llevar a la Feria de Avaroa, otro caso, es de las señoras del Club de Madres de Chita que les ha permitido beneficiar quinua para las ferias en Uyuni y La Paz.

Otro aspecto destacable, también según información proporcionada por los agricultores en algunas comunidades como el caso de Jirira los residentes de esa comunidad en el interior del país, aprovechando el trabajo de cosecha, utilizaron la 'microbenefciadora' de quinua para llevar quinua beneficiada en cantidad a sus lugares de residencia.

Otras productoras de quinua (Jirira y Copacabana) que benefician el grano con la maquina indican: Que ahora al utilizar la 'microbenficiadora' de la quinua ya no tienen problemas de salud, porque cuando realizaban esta tarea en forma manual se quejaban, que casi siempre lastimaban sus pies por la fricción y quemado.

Finalmente en Colcha K una productora indicó que la 'microbeneficiadora' de quinua le facilita beneficiar la quinua para mandar a sus hijos que estudian en el interior del país.

En la mayoría de las comunidades, especialmente las señoras indican que las maquinas les facilitan el trabajo del desaponificado de la quinua, reiteran que el pisado en piedra era muy sacrificado, por esta razón y por falta de tiempo, no podían preparar la suficiente cantidad de quinua que se requería por familia en su alimentación semanal.

En la comunidad de Copacabana indican que inclusive algunas familias de la comunidad de San Juan, que es vecina a ellas, trajeron su quinua para beneficiar, algo parecido sucede en otras comunidades participantes, además otros casos como los requerimientos de los residentes del interior del país, hacen preparar su quinua para llevar a las ciudades donde viven.

Todas las familias que están utilizando las maquinas indican: que desde que se usa la 'microbeneficiadora' de quinua ellos están consumiendo más quinua, aunque no pudieron precisar el porcentaje de incremento.

Conclusiones

- Al finalizar el trabajo del uso de las 'microbeneficiadoras', de quinua y a través de encuestas se ha llegado a determinar que las maquinas son de enorme utilidad en las comunidades de Copacabana, Colcha K y Chita de Potosí, y en Jirira de Oruro, lamentablemente en la comunidad de Irpani el uso de la 'microbenficiadora' no fue el recomendado por falta de organización y coordinación entre los beneficiarios, su cercanía a centro de expendio de alimentos y la presencia de beneficiadora industrial en la comunidad.

- La ubicación de las comunidades juega un rol importante para la adopción de la 'microbeneficiadora', mientras más alejadas se encuentren de los centros poblados y de expendio de alimentos, mayor es el uso de la tecnología y como consecuencia mayor disponibilidad del producto para el consumo de las familias.
- Según las encuestas el 87% de las familias en las 5 comunidades conocen la 'microbeneficiadora' de quinua y el 75% utilizan la máquina.
- Entre las ventajas destacadas de la 'microbeneficiadora' de la quinua, por expresión propia de las familias participantes indican que ha incentivado el consumo de la quinua entre los miembros de sus familias, porque la maquina facilita el beneficiado del grano, en menor tiempo si contrastamos con el beneficiado artesanal o manual.
- Entre las desventajas para la no utilización de la 'microbenefiadora' de quinua, está la falta de coordinación con los responsables de la administración de la máquina, algún inconveniente de labores de mantenimiento de motor y falta de tiempo del interesado.
- El uso de las 'microbeneficiadoras' en las comunidades de Copacabana, Colcha K, Chita y Jirira tiene repercusiones muy favorables, porque las familias comprenden su enorme utilidad, que facilita particularmente el beneficiado de la quinua.
- En las comunidades de Chita y Copacabana las participantes han podido mejorar el manejo de los equipos, porque pueden usar algunos suplementos para mejorar la calidad del pulido del grano.
- En la comunidad de Copacabana se está formando un hábito de realizar el beneficiado de la quinua los días domingos, esto ayuda a comprender la enorme importancia de la preparación de alimentos.

Recomendaciones

- En el marco de asegurar la disponbilidad del producto para la alimentación se debería buscar algún financiamiento para la construcción de más 'microbeneficiadoras' de quinua para otras comunidades donde existe interés por la utilización de este equipo.
- Es necesario que PROINPA realice un seguimiento sobre el uso de las máquinas, para conocer el comportamiento en función al tiempo sobre el consumo de quinua.

Agradecimientos. Agradecemos la colaboración brindada de parte de los agricultores productores de quinua de Copacabana, Colcha K, provincia Nor Lípez (Potosí), Jirira, Irpani, provincia Ladislao Cabrera (Oruro) y Chita, provincia Antonio Quijarro (Potosí).

Asimismo, agradecemos el apoyo del proyecto NUS-IFAD II "Fortalecimiento de las oportunidades de ingreso y la seguridad nutricional de los pobres rurales, a través del uso y mercadeo de especies olvidadas y subutilizadas" y al proyecto Mcknight "Producción sostenible de la quinua, un cultivo descuidado en la región Andina".

Referencias citadas

Aroni, G. 2009. Uso de microbeneficiadoras de quinua para incrementar el consumo en cinco comunidades del Altiplano Sur. En: Informe Anual 2009, Proyecto NUS IFAD II. Fundación PROINPA. La Paz, Bolivia. pp 104-110.

Aroni, G. 2008b. Monitoreo y evaluación del uso de microbeneficiadoras de quinua para incrementar el consumo en cinco comunidades del Altiplano Sur. En: Informe Anual 2008, Proyecto NUS IFAD II. Fundación PROINPA. La Paz, Bolivia. pp 49-52.

Aroni, G. 2008a. Estudio piloto acerca del uso de una beneficiadora de quinua para incrementar el consumo en cinco comunidades del Altiplano Sur. En: Informe Anual 2007-2008, Proyecto NUS IFAD II. Fundación PROINPA. La Paz, Bolivia. pp 88-93.

Aroni G, M. Villca y D. Astudillo. 2008. Ficha Técnica Microbeneficiadora mecánica de quinua. En el marco del Proyecto NUS IFAD II. La Paz, Bolivia.

Astudillo D. 2007. Evaluación del Rol de la Quinua en el Sustento de los Hogares del Altiplano Sur Boliviano: Un estudio de caso en los Municipios de Salinas y Colcha K.

Rojas, W., M. Pinto, JL. Soto y E. Alcocer. 2010. Valor nutricional, agroindustrial y funcional de los granos andinos. In: W. Rojas, M. Pinto, JL. Soto, M. Jager y S. Padulosi (eds). Granos Andinos: Avances, logros y experiencias desarrolladas en quinua, cañahua y amaranto en Bolivia. Bioversity International, Roma, Italia. pp 151- 164.

Prototipo de extrusor de quinua real para micro, pequeño y mediano productor

Arturo Reynaga; José Luís Soto; Paola Tarqui; Eddy Quiroz.

Instituto de Investigaciones y Aplicaciones Tecnológicas, Facultad de Tecnología, UMSA.

E-mail: aereynaga@outlook.com y iiat@umsa.bo

Resumen

La implementación de tecnologías más eficientes como la extrusión, en la producción de alimentos pre cocidos andinos como la quinua, se ve limitado por diferentes factores como: la insuficiente información bibliográfica, investigación de extrusores en nuestro medio, las pocas empresas fabricantes de estos equipos restringen su acceso a esta tecnología por los costos altos de fabricación de estos equipos, peor aún el elevado costo que significa importar un equipo de extrusión y, en su mayoría de los equipos de extrusión son construidos para chisitos de maíz.

Todos estos factores inciden en nuestro aparato productivo de micro, medianos y pequeños productores de quinua, que se dedican a vender y exportar la quinua como materia prima, por falta de adaptaciones tecnológicas de equipo y maquinaria requerida por nuestro sector industrial.

El proceso de extrusión posee cualidades como: funcionalidad, versatilidad, alta productividad, bajos costos de operación procesamiento, productos de alta calidad, ahorro de energía, innovación en la producción de nuevos alimentos y menor superficie para instalación de infraestructura industrial.

Los granos andinos como la quinua constituyen una alternativa promisoria para cubrir las deficiencias nutricionales, especialmente, para la población infantil, ancianos, madres gestantes y lactantes, por cuya razón el uso de la quinua instantánea es una opción para diversificar e innovar nuevos productos de este o a base de él, el extruido mejora significativamente la digestibilidad de los nutrientes e incrementa su vida útil.

Palabras claves: Extrusor; quinua; productor.

Objetivos

- Diseño de un prototipo de extrusor adiabático.
- Calculo de resistencia de materiales.
- Pruebas de extrusión con granos de quinua.
- Balance de energía y materia.

Desarrollo

Parámetros considerados para el diseño del prototipo

- El contenido de almidón, proteína, fibra, del grano.
- La forma, diámetro, espesor, dureza, características físico químicas, funcionales de los granos de quinua.
- La viscosidad.

Cálculos realizados para el diseño

- Análisis de flujo en el extrusor.
- Análisis del dado.
- Punto de operación.
- Eficiencia volumétrica del extrusor.
- Potencia requerida.
- Análisis por flexión.
- Análisis por torción.
- Análisis por fatiga.
- Diseño del barril.
- Tolva de alimentación.

Construcción el prototipo de extrusor

Se uso acero AISI-SAE 1045, con el objetivo experimental de verificar los efectos que se tiene cuando el tornillo tiene diferentes profundidades de rosca, doble rosca, rosca sencilla, con y sin dispositivo de mezclado, así como las combinaciones de estos, se fabricaron varios tornillos como buges intercambiables que se fueron cambiando según las pruebas.



Figura 1.
Tornillo del prototipo de extrusor (izquierda) y tornillos de hilo simple (derecha)

Pruebas de funcionamiento realizadas

- Pruebas de calibración en vacio.
- Pruebas de calibración con carga.
- Pruebas de extrusión sin matriz.
- Pruebas de extrusión.
- Pruebas de extrusión (tornillos de amasado, cocción de hilo simple y sin matriz).
- Prueba de extrusión (tornillos de amasado, cocción de hilo simple con matriz de tres salidas de 3 mm).
- Determinación del caudal (tornillos de amasado, cocción de hilo simple).
- Prueba de extrusión (tornillos de amasado y cocción de doble hilo).
- Prueba de extrusión (tornillos de amasado hilo simple y sin mezclador).
- Prueba de extrusión (tornillos de amasado doble hilo y de cocción hilo simple).
- Prueba de extrusión (tornillos de amasado hilo simple y de cocción doble hilo).
- Determinación del caudal.
- Determinación del tamaño de grano.
- Perfil de temperaturas.
- Determinación de la humedad.
- Influencia de la fibra.
- Balance de materia.
- Balance de energía.



Figura 2.
Ecotipo Pandela (izquierda) y ecotipo Toledo (derecha)

Conclusiones

- La ubicación más apropiada del orificio de salida de la matriz es el centro, además es importante la disposición cónica de este.
- La combinación de tornillos más eficaz es el de hilo simple con una altura de filete de 7mm en la etapa de alimentación, 3mm en la etapa de amasado y 3 mm en la etapa de cocción.
- La adición de anillos de mezclado en el tornillo mejora la homogeneidad del material dentro el extrusor.
- Este prototipo de extrusor adiabático, requiere inicialmente calentamiento hasta 86ºC, el 40% del calor generado por disipación viscosa del material es usado para mantener caliente el equipo de extrusión.
- El caudal más adecuado para el proceso de extrusión es 0.48 kg/min., la humedad más adecuada es de 23% de humedad, con un grado de gelatinización del 91.57%.
- La presencia de fibra origina menor expansión del extruido y baja gelatinización del almidón.

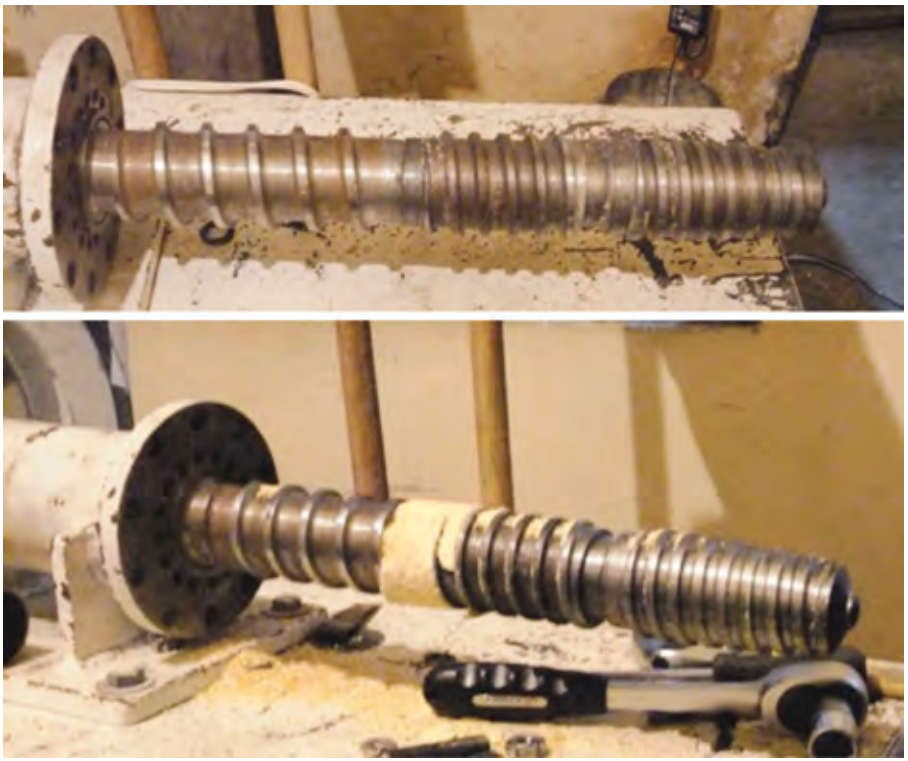


Figura 3.
Tornillos del prototipo de extrusor

Referencias citadas

Bottman Ivan, 2000, Catalogo General de Aceros.

Beltran M. y A. Marcilla Tecnología de Polímeros

Casillas A. L. 1988. Máquinas. España, Madrid: Melsa. 645 p.

De Antonio Gómez, María Isabel. Tesis de extrusor memoria de cálculo.

Deutsche Gesellschaft Für Technische Zusammenarbeit. 1985. Matemática aplicada para técnica mecánica. Alemania. 178 p.

Faires, V. M. 1999. Diseño de elementos de máquinas. España, Barcelona: Montaner & Simon S.A. 802 p.

Farrell, D. 1971. Extrusion equipment-types, functions and applications. symposium on extrusion: Process and product development, american association of cereal chemist, St. Paul, MN

Harper, B. W. 1981. Extrusion of foods. Vols. I and II. Boca raton, FL: CRC Press, Inc.

Hauck, B. W. 1985. Comparison of single and twin screw cooking extruders. Impulse food suppl.

Industrial Chemical Company, Polietylene, Extrusion Film, Frist Editión, National Distillers and Chemical Corporatión, USA, 1992.

Jacobesen S.E., Mujica A. & Portillo Z. PROINPA. 2004. Primer taller internacional sobre la quinua. Perú, Lima. 457 p.

Johnston, G. L. 1978. Technical and practical processing conditions with single screw/cooking extruders. Paper presented at international seminar: cooking and extruding techniques. ZDS, Solingen-Grafeath, Germany.

Kokini L., Chi-Tang Ho, Mukund V., 1992. Food extrusion science and technology.

Kurt Geick. 1995. Manual de formulas técnicas. México, D.F.: Alfaomega, 320 p.

Last, J. 1979. Thermoplastic extrusion trials of some oilseed, legume and cereal proteins.

Linko, P., P.Colonna, and C. Mercier. 1981. High temperature short-time extrusion. In: advances in cereal science and technology. Vol IV, Y. Pomeranz, ed., American Association of Cereal chemists. St. Paul, MN.

Lopéz Vicente, José Manuel. 1988. Mecánica del taller – Materiales – Metrología I. España, Madrid: Cultural. 200 p.

Lewis M.J., 1993. Propiedades de los Alimentos y de los Sistemas de Procesado. España: Acribia S.A. 498 p.

La presente edición de
500 ejemplares se terminó de imprimir
en el mes de julio de 2013 en los talleres de:

GráfiKaLeal

Calle Vanguardia Nº 997
Esq. Av. Buenos Aires Zona Alto San Pedro
Teléfono: 2491168
e-mail: grafikaleal@hotmail.com
La Paz, Bolivia