Granos Andinos

Avances, logros y experiencias desarrolladas en quinua, cañahua y amaranto en Bolivia

Wilfredo Rojas, José Luis Soto, Milton Pinto, Matthias Jäger, Stefano Padulosi (editores)

Bioversity International es una organización internacional independiente, de carácter científico, que busca contribuir al bienestar actual y futuro de la humanidad mejorando la conservación y el aprovechamiento de la agrobiodiversidad en fincas y bosques. Es uno de los 15 Centros que auspicia el Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional (GCIAI), una asociación de miembros del sector público y privado que apoya la ciencia para disminuir el hambre y la pobreza, mejorar la alimentación y la salud humana, y proteger el medio ambiente. Bioversity tiene su sede principal en Maccarese, cerca de Roma, Italia, y oficinas en más de 20 países. La organización opera a través de cuatro programas: Diversidad al Servicio de las Comunidades; Comprensión y Manejo de la Biodiversidad; Asociaciones Colaborativas de Carácter Mundial; y Cultivos para Mejorar Medios de Vida.

El carácter de organismo internacional de Bioversity lo confiere el Convenio de Creación de la organización, que a enero de 2009 había sido ratificado por los gobiernos de los siguientes países: Argelia, Australia, Bélgica, Benín, Bolivia, Brasil, Burkina Faso, Camerún, Congo, Costa de Marfil, Costa Rica, Cuba, Chile, China, Chipre, Dinamarca, Ecuador, Egipto, Eslovaquia, Etiopía, Ghana, Grecia, Guinea, Hungría, India, Indonesia, Irán, Israel, Italia, Jordania, Kenia, Malasia, Mali, Marruecos, Mauricio, Mauritania, Noruega, Omán, Pakistán, Panamá, Perú, Polonia, Portugal, República Checa, Romania, Rusia, Senegal, Siria, Sudán, Suiza, Túnez, Turquía, Ucrania y Uganda.

Los programas de investigación de Bioversity reciben apoyo financiero de más de 150 donantes, incluyendo gobiernos, fundaciones privadas y organismos internacionales. Información adicional sobre los donantes y las actividades de investigación de Bioversity aparece en los Informes Anuales de la organización, disponibles en forma electrónica en la dirección www.bioversityinternational.org, o en forma impresa en la dirección bioversity-publications@cgiar.org.

La *Fundación PROINPA* es una organización sin fines de lucro cuya misión es promover la conservación y uso sostenible de los recursos genéticos, la soberanía y seguridad alimentaria y la competitividad de rubros agropecuarios, en el beneficio de los productores, el sector agropecuario y la sociedad boliviana en su conjunto, a través de la investigación y la innovación tecnológica. Para el cumplimiento de su misión, PROINPA genera, recupera, valida, transfiere y difunde conocimientos, productos y servicios buscando la participación y/o financiamiento de organizaciones públicas y privadas tales como: ministerios, gobiernos departamentales, municipios, agencias financieras, donantes, ONGs, empresas, profesionales, fundaciones, universidades, centros internacionales y asociaciones de

productores. PROINPA tiene tres objetivos organizacionales: a) recuperar, desarrollar y promocionar tecnologías para la conservación y uso sostenible de los recursos genéticos; b) recuperar, desarrollar y promocionar tecnologías para contribuir a la soberanía y seguridad alimentaria y; c) recuperar, desarrollar y promocionar tecnologías para contribuir a la competitividad de los rubros de prioridad nacional. Trabaja a nivel nacional, en 7 departamentos de los 9 que tiene Bolivia, el personal técnico y administrativo está conformado por 220 personas entre PhD, M.Sc, Ing., Lic., y Téc. Superiores.

El *Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola FIDA* (se conoce también como IFAD por sus siglas en inglés) es una institución financiera internacional y un organismo especializado de las Naciones Unidas consagrado a erradicar la pobreza y el hambre en las zonas rurales de los países en desarrollo (www.ifad.org).

Las designaciones geográficas empleadas en esta publicación al igual que la presentación del material no expresan en modo alguno la opinión de Bioversity o del GCIAI sobre el estatus legal de ningún país, territorio, ciudad o región, ni acerca de sus autoridades o de la delimitación de sus fronteras. Asimismo, las opiniones expresadas son las de los autores y no necesariamente reflejan los puntos de vista de estas organizaciones. La mención de alguna marca registrada se suministra con fines informativos únicamente, no de apoyo al producto.

Cita: Rojas W, Soto JL, Pinto M, Jäger M, Padulosi (editores). 2010. Granos Andinos. Avances, logros y experiencias desarrolladas en quinua, cañahua y amaranto en Bolivia. Bioversity International, Roma, Italia.

ISBN 978-92-9043-858-8

Bioversity International
Via dei Tre Denari 472/a
00057 Maccarese
Roma, Italia

© Bioversity International, 2010

Bioversity International es el nombre bajo el cual opera el Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI).

Prólogo

Tengo mucho gusto en presentar este libro denominado "Granos Andinos. Avances, logros y experiencias desarrolladas en quinua, cañahua y amaranto en Bolivia" el cual condensa los logros de un proyecto que en dos fases consecutivas ha trabajado en potenciar las contribuciones a la seguridad alimentaria y los ingresos de un grupo de especies olvidadas y subutilizadas de granos andinos como son la quinua, la cañahua (cañihua) y el amaranto (kiwicha).

Aunque los granos andinos han sido parte de la dieta alto andina por miles de años y los agricultores tradicionales mantienen considerable diversidad de ellos en sus parcelas, el potencial de estos cultivos de contribuir al bienestar de las poblaciones rurales de bajos recursos todavía no está realizado plenamente.

A partir de la década de los 60 en Bolivia y Perú se despertó el interés del sector académico en estos cultivos y se dedicaron un buen número de tesis de grado a estudiarlos. Así mismo, se desarrollaron algunos proyectos de desarrollo para impulsarlos. Sin embargo, para fines de los 90 todavía quedaban una serie de vacíos de investigación.

Ante esta problemática, las dos fases del proyecto se avocaron a múltiples actividades entre las que se destacan: la provisión de material genético; su conservación y la de los conocimientos tradicionales asociados; al desarrollo de acciones comunitarias autogerenciadas para la generación de ingresos; mercadeo y comercialización; establecimiento de vínculos efectivos en la cadena de valor; desarrollo de estrategias para su mayor uso en programas de nutrición; desarrollo de políticas, marcos legales y conciencia pública incluyendo el fortalecimiento de la identidad local; promover los granos andinos mediante el turismo rural; y fortalecer las capacidades nacionales de investigación y desarrollo.

La verdadera multitud de contribuciones que se consignan en estos volúmenes mas las tesis de pregrado y posgrado generadas durante la investigación son evidencia del trabajo integrador, participativo, interdisciplinario y multisectorial que incluyó a los sectores académico, gobierno, privado, ONGs y a los campesinos y sus asociaciones.

Aunque todavía queda un buen camino por recorrer estamos seguros de que estas publicaciones constituyen una importante contribución hacia el conocimiento sobre estos cultivos y evidencian muy bien los tipos de alianzas que son necesarias para tratar desafíos de gran complejidad como el de potenciar la contribución de los granos andinos a los medios de vida de los agricultores pobres de la zona altoandina de Bolivia y Perú.

Atentamente,

Marleni Ramirez, Ph.D.
Directora Regional
Oficina Regional para las Américas
Bioversity International

Contenido

Agradecimientos vii

I. Introducción 1

II. Importancia de los granos andinos 6

III. Distribución geográfica y variabilidad genética de los granos andinos 11

IV. Banco de germoplasma de granos andinos 24

V. Colecta de germoplasma 39

VI. Colección núcleo de granos andinos 54

VII. Estrategias para la conservación y promoción de los granos andinos: ferias y concursos 73

VIII. Cerrando la brecha entre las prioridades de los productores y la de los investigadores: selección participativa de granos andinos 94

IX. Tecnología del cultivo de granos andinos 112

X. Tecnologías de procesamiento agroindustrial de los granos andinos 120

XI. Usos tradicionales, no tradicionales e innovaciones agroindustriales de los granos andinos 129

XII. Valor nutricional, agroindustrial y funcional de los granos andinos 151

XIII. Normatividad nacional e internacional de granos andinos (Normas técnicas y Producción y certificación ecológica) 165

XIV. Directorio de instituciones y especialistas que trabajan y promueven los granos andinos 175

Agradecimientos

Primero queremos agradecerle especialmente al Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola FIDA por haber financiado del 2001-2010 tanto la implementación del proyecto global "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", como su segunda fase "Empoderando a los pobres rurales por medio del fortalecimiento de sus identidades, oportunidades de ingreso y seguridad alimentaria a través del mejoramiento del uso y mercadeo de especies olvidadas y subutilizadas", cuyos resultados condujeron a la elaboración de esta publicación.

Los resultados de los estudios fueron posibles debido al interés de diferentes personas en el potencial de los granos andinos en Bolivia, lo cual condujo al desarrollo de investigaciones básicas y participativas en colecciones de germoplasma de granos andinos, a la evaluación y caracterización de estas, al mejoramiento de las capacidades del personal perteneciente a los bancos de germoplasma, a trabajos de extensión, concursos de biodiversidad, capacitación a diferentes actores interesados incluyendo agricultores, a diversas visitas y giras realizadas, entre otros.

Asimismo, queremos agradecer a las siguientes personas que contribuyeron al trabajo del proyecto: Raúl Saravia, Alejandro Bonifacio, Genaro Aroni, Amalia Vargas, Hipólito Quispe, José Luis Marconi, Enrique Carrasco, Félix Mamani, Lorena Guzmán, Elsa Alcocer, Constantino Benavidez, Pedro Rocha, Jorge Guzmán, Wilfredo Marín, Víctor Pacosillo, Oscar Mamani, Bonifacio Chura, Vivian Polar, Vania Alarcón, Alex Durán, Ronnie Mamani, Eliseo Mamani, Hermeregildo Equise, Stephen Taranto, Carmen Prado, Carlos Aliaga, Edwin Serrano y Hugo Aliaga.

También agradecemos mucho por su ayuda a las siguientes instituciones: Fundación PROINPA, Universidad Mayor de San Andrés UMSA, UAC Tiahuanacu - UCB, CIFP, LAYSAA, 4 ARROYOS, SUKA, Procesadora Andina, La Paz a Pie, Alexander Coffee, ITA, Sobre la Roca, y CACH - OECAs.

Igualmente le agradecemos inmensamente la ayuda de los agricultores de las comunidades de Jasuri, Huacullani, Pomposillo, Vitu Calacachi, San Pedro y San Pablo, Tacaca, Kalla Arriba, Chahuira Chico, Coromata Media y Santiago de Okola del departamento de La Paz. Igualmente a los agricultores de las comunidades de Sauces, Chirimolle, San Juan, Tipa Kasa

y Molleaguada Alta del departamento de Cochabamba, a los agricultores de las comunidades de Cimientos, Cuevas Cañadas, Pichacani y Mojotorillo del departamento de Chuquisaca. Adicionalmente también agradecemos inmensamente a los agricultores de las comunidades de Colcha K, Copacabana y Chita del departamento de Potosí, y a los agricultores de las comunidades de Irpani y Jirira del departamento de Oruro.

Finalmente le agradecemos a Karen Amaya por toda su ayuda en la edición y diagramación de esta publicación, y en la elaboración de la introducción general del documento.

Los editores

I. Introducción

En el 2001 con el apoyo financiero del IFAD, Bioversity International dió inicio al proyecto global “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” seguido por su segunda frase “Empoderando a los pobres rurales por medio del fortalecimiento de sus identidades, oportunidades de ingreso y seguridad alimentaria a través del mejoramiento del uso y mercadeo de especies olvidadas y subutilizadas”.

En la actualidad existe la tendencia a reducir la base de la seguridad alimentaria global a solo unas pocas especies, reduciendo de esta forma el crecimiento económico, y por ende se están limitando los medios de vida de la población rural de escasos recursos, particularmente en áreas marginales. Esta disminución en la disponibilidad de especies usadas en la agricultura, reduce la capacidad de los agricultores y de los ecosistemas a adaptarse a los nuevos cambios, necesidades y oportunidades que se presenten.

Para ayudar a resolver estas necesidades desde el punto de vista de la investigación y el desarrollo, se requiere que ampliemos nuestro enfoque e incluyamos un rango de especies mucho mayor que han sido utilizadas por comunidades y que no han sido tenidas en cuenta antes; muchas de estas especies ocupan nichos importantes, y están adaptadas a las condiciones en cierto grado extremas, riesgosas y frágiles que tienen las comunidades rurales. Sin embargo, al desarrollarse en estas áreas, tienen la ventaja comparativa de haber sido seleccionadas por los agricultores locales para resistir condiciones de estrés como una forma de co-evolución, y contribuyen a la producción sostenible por la baja cantidad de insumos que requieren, a la mayor diversidad-riqueza y por tanto a la estabilidad de los agroecosistemas.

Debido a que estas especies de importancia local no han formado parte de proyectos de investigación y desarrollo, su valor potencial ha sido subexplotado. Lo anterior ha aumentado el peligro de erosión genética continua, restringiendo aún más las opciones de desarrollo para la población rural de escasos recursos. Existen además, grandes vacíos de conocimiento sobre agronomía, transformación, y capacidad de mejoramiento, y por tanto poca capacidad para conservarlas. También, poco se ha realizado para identificar marcos de comercialización, mercadeo y políticas efectivas para

promover su uso y maximizar su valor económico. Todos estos factores representan los diferentes cuellos de botella que se encuentran a todos los niveles para la promoción exitosa de estas especies.

Para estandarizar términos, llamaremos especies olvidadas a aquellas que han sido cultivadas principalmente en su centro de origen y domesticación, o en centros de diversidad por agricultores tradicionales, siendo dichos cultivos aún importantes para la subsistencia de la gente local. Algunas especies pueden estar distribuidas globalmente, pero tienden a ocupar nichos ecológicos especiales tanto en el ambiente local como en sistemas de producción y consumo. Las especies subutilizadas son aquellas cuyo potencial no ha sido descubierto en su totalidad. Los agricultores y consumidores están disminuyendo el uso de estos cultivos porque de alguna manera, no pueden competir con otras especies cultivadas en el mismo ambiente agrícola.

Estas especies olvidadas y subutilizadas son consideradas generalmente "menores" en términos de comercio mundial y atención en relación a investigación. Sin embargo, generalmente juegan un papel importante no solo en la seguridad alimentaria y en la generación de ingresos para muchas comunidades de escasos recursos, sino también en la culinaria y culturas locales. Por tanto son estratégicas en la búsqueda de ampliar el portafolio de cultivos que mejoren los medios de vida y la seguridad alimentaria para estas comunidades.

El mejoramiento de los medios de vida sostenibles rurales es una tarea compleja, con la dificultad adicional de tener que lidiar con el cambio climático, la urbanización y la mayor competencia por los recursos naturales. Para lograr esto y evitar que tanto el conocimiento local de uso y las características propias de los cultivos desaparezcan, debe utilizarse un mayor número de cultivos que resistan las condiciones ambientales y de mercado cambiantes. Algunos de estos recursos claves ya están en las manos de los agricultores en forma de un amplio rango de especies de cultivos olvidados que deberían utilizarse más ampliamente para aumentar las opciones de medios de vida para las comunidades rurales de escasos recursos.

Bioversity International (antes IPGRI) obtuvo financiación del Fondo Internacional para el Desarrollo Agrícola (IFAD[1]) para implementar un proyecto global desarrollado en dos fases, en varias regiones y países del mundo, y con diferentes grupos de especies olvidadas y subutilizadas (NUS[2] por sus siglas en inglés) de cada región (plantas medicinales y aromáticas, granos andinos y cereales nutritivos menores).

[1] IFAD: International Fund for Agricultural Development
[2] NUS: Neglected and Underutilized Species

La primera fase denominada "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" (IFAD-NUS I, TAG 533) se desarrolló entre 2001-2005 en Bolivia, Ecuador, Perú, Egipto, Yemen, India, y Nepal.

La segunda fase denominada "Empoderando a los pobres rurales por medio del fortalecimiento de sus identidades, oportunidades de ingreso y seguridad alimentaria a través del mejoramiento del uso y mercadeo de especies olvidadas y subutilizadas" (IFAD-NUS II, TAG 899), se ha venido desarrollando desde el 2007 y terminará a finales de 2010 en Bolivia, Perú, India, Italia y Yemen.

Las instituciones ejecutoras del proyecto para Bolivia son la Fundación para la Promoción e Investigación de Productos Andinos - Fundación PROINPA y Bioversity International. Bioversity actuó adicionalmente como organización de coordinación general del proyecto global en sus dos fases, apoyando a todos los socios en la parte científica, técnica y en cualquier otro aspecto durante el desarrollo de este.

Durante las dos fases del proyecto global se trabajó usando un enfoque holístico, participativo, interdisciplinario, donde instituciones de investigación, promoción y fomento, asociaciones de agricultores, comunidades rurales, programas nacionales, ONGs, universidades y diferentes empresas privadas, las cuales están listadas en el Capítulo XIV (Directorio de instituciones y especialistas que trabajan y promueven los granos andinos), unieron esfuerzos en torno a las especies olvidadas y subutilizadas.

Las especies olvidadas y subutilizadas que son estratégicas por su rol en el fortalecimiento de la seguridad nutricional y la generación de ingresos para las poblaciones rurales de bajos ingresos en Bolivia y de las cuales trata este libro, son tres granos andinos con gran interés y potencial actual: la quinua *Chenopodium quinoa* Willd., la cañahua[3] *Chenopodium pallidicaule* Aellen y el amaranto[4] *Amaranthus caudatus* L.

El propósito general del proyecto global es aumentar la contribución de estas tres especies olvidadas y subutilizadas en la seguridad alimentaria y los ingresos de las poblaciones rurales de escasos recursos.

En la primera fase esto se llevó a cabo a través de una gran diversidad de actividades en ocho áreas prioritarias identificadas a partir de problemas encontrados en el mejoramiento de la seguridad alimentaria e ingresos por medio del cultivo de la quinua, la cañahua y el amaranto en las comunidades de estudio así:

[3] Denominada cañihua en Perú

[4] Denominada kiwicha en Perú

1) Falta de material genético de las especies olvidadas y subutilizadas
2) Pérdida de germoplasma y conocimiento tradicional
3) Falta de conocimiento de sus usos, restricciones y oportunidades de estas especies
4) Generación limitada de ingresos
5) Comercialización en mercados y limitaciones de demanda
6) Falta de actividades de investigación y desarrollo, y escasas capacidades nacionales
7) Falta de vínculos a través de la conservación y producción hasta las cadenas de consumo
8) Marcos políticos y legales inapropiados o inadecuados

En la segunda fase del proyecto, las ocho áreas prioritarias de importancia con sus múltiples actividades se desarrollaron a otros niveles para poderle prestar mayor atención a mujeres y otros grupos marginales de la sociedad de la siguiente manera:

1) Generación limitada de ingresos basados en especies olvidadas y subutilizadas.
2) Desconocimiento de los valores nutritivos de las especies olvidadas y subutilizadas y falta de estrategias para su mayor uso en programas de nutrición.
3) Limitado capital humano y social de actores interesados para manejar las especies olvidadas y subutilizadas y obtener beneficios de su uso, combinado con el fortalecimiento de la identidad local.
4) Poca experiencia en el conocimiento del rol del turismo rural en la promoción de especies olvidadas y subutilizadas.
5) Limitada disponibilidad, conocimiento y mantenimiento de la base del recurso genético
6) Insuficiente promoción de mejores políticas y marcos legales para el uso sostenible y equitativo de las especies olvidadas y subutilizadas
7) Falta de cooperación en el manejo de especies olvidadas y subutilizadas y en la conciencia pública de la importancia de las especies olvidadas y subutilizadas en los medios de vida de la población
8) Falta de movilización de apoyo y obtención de fondos para actividades con especies olvidadas y subutilizadas.

A partir de las diferentes actividades realizadas en las dos fases para solucionar los problemas anteriormente mencionados se obtuvieron muchos resultados esperados los cuales están siendo documentados en variadas publicaciones.

Una de las publicaciones generadas a partir del proyecto es la revista "Neglected no more" publicada por Bioversity, en la cual se muestran los resultados e impacto del proyecto global en la primera fase estableciendo la

base para la segunda fase. Esta se puede descargar de manera gratuita en formato PDF de la siguiente dirección URL:
http://www.bioversityinternational.org/nc/publications/publication/issue/neglected_no_more.html

Más aún, se han generado dos publicaciones con los resultados generales obtenidos en las dos fases del proyecto con granos andinos, una solamente de los resultados obtenidos en Bolivia, y la otra con los resultados de trabajos de grado y tesis de maestría desarrollados tanto para Bolivia como para Perú.

Adicionalmente se lanzó una plataforma nacional de granos andinos en el Perú conformada por múltiples actores interesados y socios de la cadena de valor. Uno de los retos más grandes que enfrentan los pequeños agricultores y especialmente aquellos que utilizan especies olvidadas y subutilizadas son los altos costos de transacción en la comercialización de sus productos.

Una de las formas para ayudarlos es crear oportunidades de vinculación directa de los pequeños agricultores con compradores de mercados de alto valor. El enfoque utilizando plataformas hace exactamente esto por medio de la movilización de apoyo a pequeños agricultores a partir de un rango de instituciones nacionales (e internacionales) a través de la construcción de un capital social fuerte. Esto último juega el papel importante de conector entre grupos y entre individuos, facilitando la cooperación y el establecimiento de relaciones de apoyo mutuo para reducir efectivamente los costos de transacción.

Al unir a todos los actores interesados en una sola plataforma, se facilitarán y se mejorarán enormemente las interacciones entre productores de granos andinos, autoridades locales, ONGs, extensionistas, proveedores de servicios, investigadores y compradores. En este contexto, cada actor interesado trae consigo su experticia a la mesa, y al mismo tiempo, enriquece la implementación de la cadena de valor con diferentes perspectivas y/o visión. Al final, esta acción colectiva debería mejorar las posibilidades de los pequeños agricultores en los mercados agrícolas.

La plataforma debe ser parte de un programa amplio que involucra intervenciones prácticas centrándose en el mejoramiento de la participación de los agricultores de bajos ingresos en cadenas de producción de alto valor, dándoles nuevas tecnologías, promoviendo su organización y acumulación de capital social, e involucrándolos en la "visión de complejo o sistema productivo" de la producción y comercialización que los une directamente al mercado. Todas estas acciones facilitan el intercambio de conocimiento, aprendizaje social y desarrollo de capacidades que conducen al mejoramiento de la productividad de los pequeños agricultores, y en últimas, a la calidad del producto que se le suministra al mercado.

Los resultados del proyecto con granos andinos para Bolivia son presentados a continuación en forma de capítulos escritos por las personas que trabajaron en los diferentes temas.

II. Importancia de los granos andinos

Enrique Carrasco[1], José Luis Soto[2]
[1] Ing. Agr., M.Sc. Coordinador Regional Altiplano. Trabajó en la Fundación PROINPA hasta enero de 2008; E-mail: ecarrasco@samaritan.org
[2] Ing. Agr., M.Sc. Responsable Área Socioeconomía y Género; Trabajó en la Fundación PROINPA hasta diciembre 2008; E-mail: josesoto1@yahoo.com

Debido a su alto valor nutritivo, a sus características agronómicas y adaptabilidad ecológica a condiciones adversas, los granos andinos tienen gran importancia económica, social, ecológica, nutricional y funcional real y potencial para las comunidades andinas que los aprovechan.

Los granos andinos por sus características agronómicas y de adaptabilidad ecológica a las condiciones adversas de la zona andina, así como por su alto valor nutritivo, no solo tienen importancia económica sino también tienen gran importancia social, ecológica, nutricional y funcional (real y potencial). En muchos de los países andinos estos cultivos han sido consumidos tradicionalmente en las áreas rurales y urbanas. Uno de los principales factores para su consumo es que pueden prepararse de diferentes maneras, ofreciendo una gran diversidad culinaria la cual está asociada a su amplia diversidad genética. Por otro lado, su calidad y alto valor nutricional debido a su contenido de proteína varía de un material genético a otro, y es relativamente de menor precio si se compara con la de origen animal.

Otro elemento que hace que estos alimentos sean importantes para las sociedades andinas es su gran potencial de comercialización en el mercado nacional e internacional. La población andina que vive en el exterior extraña los granos, raíces, tubérculos y frutas nativas (productos nostálgicos). De otro lado, los consumidores de los países desarrollados, buscan cada vez más alimentos de producción ecológica, sanos y con alto valor nutritivo, añadiéndose a esto su contenido cultural e histórico; por esto se abren mercados de exportación expectables para los productores de cultivos andinos.

Principales cultivos andinos

Dentro de los principales cultivos andinos están clasificados aquellos que son de mayor consumo como los granos, tubérculos, raíces, y las frutas andinas:

- Granos: la quinua *Chenopodium quinoa*, la cañahua, cañihua o kañiwa *Chenopodium pallidicaule*, el amaranto, kiwicha, millmi o coimi *Amaranthus caudatus*, y el tarwi, chocho o lupino *Lupinus mutabilis*, entre otros.
- Tubérculos: como la papalisa, ullucu o melloco *Ullucus tuberosus*, la oca *Oxalis tuberosa*, la mashua o isaño *Tropaeolum tuberosum*, y la papa *Solanum tuberosum* subsp. *andigenum*, entre otros.
- Raíces: la racacha, arracacha o zanahoria blanca *Arracacia xanthorrhiza*, el yacón, aricoma o jícama *Smallanthus sonchifolius*, la walusa *Xanthosoma saggitifolium*, la maca *Lepidium meyenii*, y el camote *Ipomoea batatas*, entre otros.
- Frutas: la chirimoya *Annona cherimola*, el tomate de árbol *Solanum betaceum*, la uvilla *Physalis peruviana*, el babaco *Carica pentagona*, la naranjilla *Solanum quitoense*, la pitajaya *Hylocereus* sp., y la mora *Rubus glaucus*, entre otros.

Sin embargo, toda esta valiosa diversidad de recursos genéticos y conocimiento ligado se halla amenazada y en proceso de pérdida. Las pérdidas están dadas por varios factores como el crecimiento de la agricultura comercial moderna, las leyes y las políticas nacionales que con frecuencia fomentan unilateralmente este tipo de agricultura, la modificación de los patrones de consumo, los cambios climáticos, los conflictos políticos nacionales, y las migraciones, entre otras.

Los granos andinos, llamados ahora "granos de oro" por su alto valor nutritivo, son considerados como alimentos del pasado para la gente del futuro. A partir de las investigaciones realizadas por la Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos, tanto la quinua como el amaranto han sido clasificados como los mejores alimentos de origen vegetal para los seres humanos, por lo que fueron seleccionados por la NASA[5] para integrar la dieta de los astronautas en vuelos espaciales.

La proteína de la quinua, cañahua y amaranto es de buena calidad, con un balance adecuado de aminoácidos esenciales como la lisina, que juega un papel importante en el desarrollo del cerebro y el crecimiento; además, estos granos contienen vitaminas y minerales como la niacina, calcio, fósforo y hierro. Por todos estos antecedentes, estos granos andinos tienen aportes sustanciales al requerimiento diario en nutrición que requiere una persona adulta.

[5] NASA - National Aeronautics and Space Administration, USA.

Importancia en la seguridad alimentaria

Según Morón (1999), los cultivos andinos cubren en la actualidad un área aproximada de 150.000 hectáreas en los Andes, estimándose que alrededor de 500.000 familias campesinas tienen parcelas de diversos tamaños con uno o más de estos cultivos destinado para el autoconsumo y ocasionalmente para la venta de sus excedentes.

La importancia de los cultivos andinos en la seguridad familiar y la nutrición radica en lo siguiente:

a) Aumentan la variedad de alimentos utilizando todos los recursos disponibles;
b) Mejoran el estado nutricional al hacer las dietas más sabrosas y con mayor cantidad y mejor combinación de proteínas, vitaminas, minerales y fibra dietética;
c) Muchas de estas plantas son tolerantes a la sequía, pueden cultivarse sin necesidad de insumos costosos y son de fácil almacenamiento, lo que puede evitar los períodos de escasez estacional;
d) Aumentan la productividad de otros cultivos, conservan el suelo y elevan su fertilidad;
e) Muchas de estas plantas son resistentes a las plagas y cuando se intercalan con otros cultivos actúan como barrera ecológica para las enfermedades; más aún, junto con leguminosas, se fija adicionalmente nitrógeno atmosférico enriqueciendo el suelo para la cosecha siguiente;
f) Incrementan los ingresos familiares al beneficiar a los productores, en particular mujeres;
g) Elevan el consumo familiar y aumentan los ingresos del hogar al vender o intercambiar los excedentes en los mercados locales.

En el ámbito nacional los cultivos andinos pueden contribuir a la seguridad alimentaria de la siguiente manera:

1) Aumentan la disponibilidad de alimentos y contribuyen a reducir las importaciones de los mismos;
2) Estimulan a las agroindustrias pequeñas y grandes;
3) Pueden convertirse en una importante fuente de divisas al exportar estos cultivos o sus productos derivados.

Importancia en la nutrición

En las comunidades rurales de los Andes, la alimentación es esencialmente a base de vegetales, predominando los tubérculos (papa, oca e isaño) y los cereales (trigo, cebada) que son ricos en hidratos de carbono, pero pobres en aminoácidos esenciales. El consumo de granos (quinua, cañahua y amaranto), ricos en lisina y metionina, y de leguminosas (tarwi, haba),

compensan las carencias de los tubérculos y los cereales. Además, en la zona se consumen proteínas de origen animal (camélidos) que contribuyen a mejorar la dieta. De lo anterior se desprende que para poder evaluar adecuadamente la dieta de las comunidades rurales donde el aporte de los cultivos andinos es básico, es necesario conocer todos los productos alimenticios que forman parte de la dieta del poblador andino, incluyendo los frutales andinos y las tecnologías con las que son obtenidos los insumos y preparadas las diferentes viandas.

Los cultivos andinos aportan un buen balance nutricional en la dieta de los pobladores de la zona andina, de acuerdo al siguiente detalle:

- Fuente de energía (carbohidratos): tubérculos y raíces.
- Fuente de proteínas, energía (grasa) y minerales: tarwi.
- Fuente de proteínas, minerales y energía (carbohidratos): quinua, cañahua y amaranto.
- Fuente de minerales: maca.
- Fuente de vitaminas y minerales: frutales andinos, capulí o chilto (*Phisalis peruviana*), tomate de árbol (Jacobsen *et al.* 2003), etc.

Importancia en la economía campesina

Los granos andinos se encuentran vinculados a diferentes tipos de mercados, desde los más simples donde los agricultores acuden para cubrir las necesidades de autoconsumo, hasta aquellos a los que concurren para generar ingresos y cubrir necesidades mayores.

La demanda del mercado normalmente es por unas pocas variedades, las comúnmente llamadas "variedades comerciales" y estas son usadas para la generación de ingresos y suplir necesidades que solo pueden ser atendidas a través de la compra con dinero. Las otras variedades (mayor diversidad), normalmente no son altamente requeridas en el mercado y por esta razón son sembradas en pequeñas superficies y son usadas para suplir las necesidades de autoconsumo, intercambio (trueque) por bienes que el agricultor no produce, o para atender festividades y rituales propios de la cultura campesina.

Sin embargo, se observa que la diversidad nativa es de alta importancia para el pequeño agricultor, principalmente porque esto lo liga a sus costumbres, conocimientos y tradiciones, y es el valor intangible de la biodiversidad. También está la oportunidad de vincularse a nichos de mercados específicos donde existe demanda por productos nativos (cultivados tradicionalmente sin el uso de agroquímicos). La demanda de estos mercados es cada vez mayor sobre todo por la conciencia de la gente de consumir productos más sanos y saludables.

Estos nuevos mercados ofrecen oportunidades muy expectables en la generación de ingresos para estos pequeños productores conservadores de la diversidad de cultivos andinos.

Otra forma de aprovechar esta diversidad en la generación de ingresos y mejorar la economía de las familias campesinas, está en que en esta diversidad genética de los cultivos andinos también tiene mucha diversidad de formas de procesar estos productos. Existe una variabilidad en formas, colores y tamaños, y ocurren diferencias de calidades y cantidades de metabolitos primarios (almidones, minerales, proteínas, vitaminas, ácidos grasos, glucósidos, azúcares), y secundarios (saponinas, alcaloides, taninos, oxalatos, carotenos, antocianinas, betacianinas). Por tanto, es factible encontrar, a través de una investigación agroindustrial, los genotipos adecuados para cada uno de los diferentes procedimientos de transformación y utilización, lo que obviamente incidiría de manera positiva en la economía campesina.

Bibliografía

Jacobsen SE, Mújica A, Ortiz R. 2003. La importancia de los cultivos andinos. Rev. Vzlana. de Soc. y Ant. 13 (36):14-24.

Morón C. 1999. Importancia de los cultivos andinos en la seguridad alimentaría y nutrición. En: Memorias reunión técnica y taller de formulación de proyectos regionales sobre producción y nutrición humana en base a cultivos andinos. Arequipa, Perú. Julio 2008. Editorial FAO, UNA, CIP, Universidad Nacional San Agustín. Lima, Perú.

III. Distribución geográfica y variabilidad genética de los granos andinos

Wilfredo Rojas[1], Milton Pinto[2], José Luis Soto[3]
[1] Ing. Agr., M.Sc. Coordinador Regional Altiplano, Fundación PROINPA; E-mail: w.rojas@proinpa.org
[2] Ing. Agr., Responsable Área Recursos Genéticos, Regional Altiplano, Fundación PROINPA; E-mail: m.pinto@proinpa.org
[3] Ing. Agr. M.Sc. Trabajó en la Fundación PROINPA hasta diciembre de 2008; E-mail: josesoto1@yahoo.com

La zona andina es considerada el centro de origen de numerosas especies cultivadas como la quinua, la cañahua y el amaranto (granos andinos), encontrándose en esta zona su mayor variabilidad genética.

Introducción

La región de los Andes, cuna de grandes civilizaciones como la Incaica y Tiahuanacota, es considerada centro de origen de numerosas especies como la papa, la oca, el ulluco ó papaliza, la quinua, la cañahua, el amaranto o kiwicha, el tarwi y otras, que están distribuidas en diferentes zonas agroecológicas y que han sido bien aprovechadas durante miles de años.

Los granos andinos como la quinua *Chenopodium quinoa* Willd., la cañahua *Chenopodium pallidicaule* Aellen, y el amaranto o kiwicha *Amaranthus caudatus* L. se destacan por sus características intrínsecas, entre ellas tenemos:

a) Variabilidad genética (precocidad, color, tamaño de planta, tamaño de grano, hábito de crecimiento, resistencia a factores adversos y rendimientos);
b) Adaptabilidad a condiciones adversas de la región andina (altiplano, salares, valles, nivel del mar, etc.) donde se constituyen en cultivos estratégicos como fuente de productos alimenticios;
c) Calidad nutritiva representada básicamente por la presencia de aminoácidos esenciales tanto por calidad como por cantidad;
d) Usos diversificados en la preparación de alimentos (tradicionales y nuevos), en la preparación de recetas para uso en la medicina tradicional, usos en las festividades y rituales, usos agroindustriales (tamaño del granulo de almidón, contenido de azúcar invertido, porcentaje de agua de empaste).

Centros de origen y de diversidad

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. Entre los ocho "centros de origen" de las plantas cultivadas en el mundo descritas por Vavilov en 1953, se encuentra el de la región andina, el cual es considerado como el centro de una de las más importantes civilizaciones americanas (Gandarillas 2001).

Bajo esta consideración y según las condiciones agroecológicas donde se desarrollan las especies cultivadas, es posible encontrar subcentros de diversidad y variabilidad que hace que se presenten diferentes características botánicas, agronómicas y de adaptación de las especies.

Para el caso particular de los granos andinos, se consideran los siguientes subcentros de diversidad:

La *quinua* está difundida desde Colombia hasta Argentina, permitiendo que se puedan agrupar en cinco grandes grupos según las condiciones agroecológicas donde se desarrollan y que hacen que se presenten características botánicas, agronómicas y de adaptación diferentes (Lescano 1994; Tapia 1990):

a) Valles interandinos;
b) Altiplano;
c) Salares
d) Nivel del mar;
e) Yungas

En el caso particular de Bolivia, Rojas (2003) estudió la variabilidad genética de la colección de germoplasma de quinua determinando la existencia de seis subcentros de diversidad, cuatro de ellos ubicados en el altiplano de La Paz, Oruro y Potosí que albergan la mayor diversidad genética, y dos subcentros en los valles interandinos de Cochabamba, Chuquisaca y Potosí.

En la *cañahua* se considera como centro de origen al área circunlacustre del Lago Titicaca entre Perú y Bolivia. En el caso de Bolivia se consideran como subcentros las provincias San Pedro de Totora y Nor Carangas de Oruro, y las provincias Independencia, Tapacarí y Bolívar de Cochabamba. En el caso del Perú se consideran como subcentro a la zona de Cupi-Macari en la provincia Melgar, departamento de Puno.

El *amaranto, millmi, coimi* o *kiwicha* se encuentra cultivado desde Colombia hasta el norte de Argentina, es decir, en toda la zona Andina. En Bolivia se considera como subcentros los yungas de La Paz y los valles interandinos de Cochabamba, Chuquisaca, Potosí y Tarija. En Perú se consideran como subcentros los valles interandinos del Cusco, Apurimac y Ayacucho porque se encuentra una amplia variabilidad fenotípica de esta especie (Sumar 1982, citado por Lescano 1994).

Distribución geográfica y variabilidad genética de los granos andinos

Quinua *Chenopodium quinoa* Willd.

La quinua puede considerarse como una especie oligocéntrica con su centro de origen de amplia distribución y diversificación múltiple, el cual se atribuye a las orillas del Lago Titicaca como la región de mayor diversidad y variación genética (Mujica 1992).

La distribución geográfica de la quinua se extiende desde los 5º de Latitud Norte al sur de Colombia, hasta los 43º de Latitud Sur en la Décima Región de Chile. Su distribución altitudinal varía desde el nivel del mar en Chile hasta los 4000 m.s.n.m. en el altiplano que comparten Bolivia y Perú, existiendo así quinuas de costa, valles, valles interandinos, puna y altiplano (Barriga *et al.* 1994; Lescano 1994). Una considerable parte de la variabilidad genética de la especie está asociada a su distribución geográfica.

Lescano (1994) indica que la quinua se cultiva en toda la extensa región andina que fue alguna vez dominio de los Incas. Actualmente se encuentra desde Colombia (Pasto), hasta el norte Argentino (Jujuy y Salta) y Chileno (Antofagasta y Concepción).

La quinua presenta los siguientes centros de producción:

- En Colombia se encuentra en el departamento de Nariño, en las localidades de Ipiales, Puesres, Contadero, Córdova, San Juan, Mocondino y Pasto.
- En Ecuador en las áreas de Carchi, Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Chimborazo, Loja, Latacunga, Ambato y Cuenca.
- En Perú se destacan las zonas de Cajamarca, Callejón de Huayllas, Valle del Mantaro, Andahuayllas, Cusco y Puno (altiplano).
- En Bolivia en el altiplano de La Paz, Oruro y Potosí y en los valles interandinos de Cochabamba, Chuquisaca, Potosí y Tarija.
- En Chile en el altiplano Chileno (Isluga e Iquique) y Concepción. También existen reportes de quinuas cultivadas en la Novena y Décima región (Barriga *et al.* 1994).
- En Argentina se cultiva en forma aislada en Jujuy y Salta. También el cultivo se amplió hacia los Valles Calchaquíes de Tucumán (Gallardo y González 1992).

Según Lescano (1989) entre los cultivos andinos la quinua recibió la mayor dedicación y apoyo principalmente en Ecuador, Perú y Bolivia, y siendo las zonas donde se encuentra la mayor variabilidad genética. Las evaluaciones de la variabilidad genética disponible permitieron 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° de Latitud Sur. Son plantas más o menos robustas, de 1 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° de Latitud Norte.
2) *Quinuas de valles interandinos:* Son las que se adaptan entre 2500 a 3500 m.s.n.m., se caracterizan por su alto desarrollo hasta 2.5 m o más de altura y con muchas ramificaciones, tienen inflorescencia laxa y normalmente presentan resistencia al midiu (*Peronospora farinosa*).
3) *Quinuas de altiplano:* Se desarrollan en áreas mayores como cultivos puros o únicos entre los 3600 a 3800 m.s.n.m. que corresponde a la zona del altiplano peruano-boliviano; en esta área se encuentra la mayor variabilidad de caracteres y se producen los granos más especializados para uso. 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 también los materiales más susceptibles al mildiu cuando son llevados a zonas más húmedas.
4) *Quinuas de salares:* Son las que crecen en las zonas de los salares al sur del altiplano boliviano, la cual es la zona más seca con 300 mm de precipitación. La quinua se cultiva como cultivo único 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:* Es un grupo reducido de quinuas que se han adaptado a las condiciones de los Yungas de Bolivia a alturas entre los 1500 y 2000 m.s.n.m., y 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 se torna de una coloración anaranjada.

La distribución geográfica de la quinua en Bolivia es amplia en comparación a la cañahua y el amaranto, y según estudios realizados por Rojas (2002) con la colección nacional de germoplasma, la variabilidad de

quinua se distribuye desde los 15º 42'en la provincia Omasuyo del departamento de La Paz hasta los 21º 57' de Latitud Sur en la provincia M. Omiste del departamento de Potosí, y desde los 64º 19' de Longitud Oeste en la provincia Tomina, departamento de Chuquisaca hasta los 69º 09' en la provincia Manco Kapac del departamento de La Paz. Su distribución altitudinal varía desde 2400 hasta 4200 m.s.n.m.

Se puede observar en la Figura 1 una mayor variabilidad de quinua en la región del altiplano, principalmente en áreas aledañas a la carretera que se extiende desde el Lago Titicaca, La Paz, Oruro, Challapata, Sevaruyo y Uyuni, y en el caso del altiplano sur también por las zonas de Salinas de Garci Mendoza, Daniel Campos y los Lipez. Por su parte, en la región de los valles se advierte mayor concentración de accesiones en los valles altos de Cochabamba, Chuquisaca y Potosí, respecto a los valles altos de Tarija.

Figura 1. Sitios de recolección de quinua almacenados en el Banco de Germoplasma de Granos Andinos.

La colección de germoplasma de quinua que se conserva en Bolivia alberga a una amplia variabilidad genética, conservando actualmente 3121 accesiones tanto cultivadas como silvestres que fueron colectadas en comunidades del altiplano y los valles interandinos de Bolivia en de los departamentos de La Paz, Oruro, Potosí, Cochabamba, Chuquisaca y Tarija. Asimismo, se cuenta con germoplasma proveniente de Perú, Ecuador, Colombia, Argentina, Chile, México, EEUU, Dinamarca, Holanda e Inglaterra.

Al estudiar la variabilidad genética de la colección de quinua (Figura 2) se han determinado los siguientes parámetros de importancia (Rojas *et al.* 2001; Rojas 2003; Rojas 2008):

- El color de la planta antes de la floración varía ente verde, púrpura, mixtura y rojo;
- El color de la planta a la madurez fisiológica presenta varios colores intermedios entre blanco, crema, amarillo, anaranjado, rosado, rojo, púrpura, café y negro;
- La forma de panoja varía entre amarantiforme, glomerulada e intermedia;
- La densidad de la panoja varía entre compacta, laxa e intermedia;
- El color del grano varía ente blanco, crema, amarillo, naranja, rosado, rojo, púrpura, café, negro, identificándose hasta 66 colores de grano (Cayoja 1996);
- El ciclo vegetativo varía entre 110 a 210 días;
- El rendimiento de grano por planta es de 48 a 250 g;
- El diámetro del grano varía entre 1.36 a 2.66 mm;
- El peso de 100 granos varía entre 0.12 a 0.60 g;
- El contenido proteico del grano es de 10.21 a 18.39%;
- El diámetro de gránulo de almidón varía de 1.5 a 22 µ.

Figura 2. Variabilidad en el color de los granos de quinua.

Cañahua *Chenopodium pallidicaule* Aellen

Según Tapia (1990) y Lescano (1994) el cultivo de la cañahua, cañihua o kañiwa no ha tenido mayor difusión fuera de las fronteras del altiplano de Bolivia (zona norte de Oruro y serranías de Cochabamba) y Perú (desde la zona de Ayaviri-Puno, Cusco, Ayacucho y Junín).

Figura 3. Sitios de recolección de cañahua almacenados en el Banco de Germoplasma de Granos Andinos.

La distribución geográfica de la cañahua en Bolivia es más reducida en comparación a la quinua. Según estudios realizados por Rojas y Camargo (2004) con la colección nacional de germoplasma, la variabilidad de cañahua se distribuye desde los 15º 21' de Latitud Sur en la comunidad Iñita Grande de la provincia Camacho, departamento de La Paz, hasta los 21º 28' de Latitud Sur en la comunidad Huancarani en la provincia Antonio Quijarro, departamento de Potosí, y desde los 66º 08' de Longitud Oeste en la comunidad de Llaytani de la provincia Bolívar, departamento de Cochabamba, hasta los 69º 09' de Longitud Oeste en la comunidad Picata de la provincia Camacho, departamento de La Paz. El rango altitudinal de distribución varía desde los 3200 hasta los 4200 m.s.n.m.

Se puede observar en la Figura 3 que la mayor variabilidad de cañahua se encuentra distribuida en inmediaciones del Lago Titicaca, el cual es considerado como el centro de origen y diversidad más importante del cultivo seguido por las zonas altas de Cochabamba (provincia Bolívar). En el caso particular del Lago Titicaca, se advierte un área importante de variabilidad asociado a la rivera norte del lago (provincia Camacho), y otra hacia el sur del lago (provincias Ingavi y Los Andes).

La colección boliviana de cañahua tiene una amplia variabilidad genética, pues actualmente se conservan 801 accesiones tanto cultivadas como silvestres que fueron colectadas del altiplano y valles interandinos del país (Figura 2), en los departamentos de La Paz (provincias Omasuyos, Los Andes, Pacajes, Ingavi, Murillo, Aroma, Camacho y Manco Kapac), Oruro (provincias San Pedro de Totora, Sajama, Carangas, Nor Carangas, Litoral, Pantaleón Dalence y Saucari), Cochabamba (provincia Bolívar) y Potosí (Antonio Quijarro).

Al estudiar la variabilidad genética de la colección boliviana de cañahua, se determinaron varios parámetros de importancia (Rojas *et al.* 2002; Rojas 2008):

- Las plantas en la primera edad presentan un color verde, y conforme van alcanzando la madurez fisiológica, se van tornando de diversos colores que varía entre rosado, rojo, amarillo, anaranjado y morado.
- Los hábitos de crecimiento son: 'saihuas' (presentan ramificaciones escasas y dan la apariencia de ser más erectas, estrechas y con menor diámetro), 'lastas' (sus ramificaciones son numerosas y se inician desde el cuello de la planta dando apariencia frondosa y con mayor diámetro), y 'pampalastas' (sus tallos se presentan caídos o tendidos en los cuales solo sus extremos son erguidos) (IPGRI *et al.* 2005);
- La forma de hoja que predomina es triangular con nervaduras retinervadas;
- El ciclo vegetativo varía de 105 a 195 días;
- El color del perigonio y del pericarpio varía entre amarillo, crema, rosado anaranjado, rojo, café, púrpura, gris, negro, con tonalidad suave y oscura;
- El rendimiento de grano por planta es de 2.86 a 83.54 g.
- El peso de 1000 granos varía entre 0.37 a 1.10 g.
- El contenido proteico del grano es de 14.6 a 19%;
- El diámetro de gránulo de almidón varía de 5.5 a 25 µ.

En Perú la área de mayor concentración de campos cultivados con esta especie se sitúa en la parte noroeste del altiplano alrededor de las poblaciones de Llalli, Macarí, Ayaviri, Nuñoa y Huancane en el departamento de Puno

(Tapia 1990). En Bolivia se cultiva en las provincias Pacajes, Ingavi, Los Andes, Omasuyos, Camacho y Manco Kapac del departamento de La Paz, en las provincias San Pedro de Totora y Nor Carangas del departamento de Oruro y en las provincias Independencia, Tapacarí y Bolivar del Departamento de Cochabamba (Rojas y Camargo 2004).

Figura 4. Variabilidad en el color de granos de cañahua.

Amaranto, kiwicha, millmi o coimi *Amaranthus caudatus* L.

El amaranto tiene una distribución cosmopolita pues las características de clima, suelo y geografía donde prospera son muy diversas. De esta manera se puede localizar desde el nivel de mar, hasta regiones altas (más de 3000 m.s.n.m.). Latitudinalmente se distribuye desde el Ecuador hasta los 30º en ambos hemisferios. Lescano (1994) indica que este grano, junto con los otros granos altoandinos, constituyen un valioso aporte de los cultivos pre-incásicos e incas a la civilización moderna, y se encuentra en pequeñas áreas desde México hasta el norte de Argentina.

Jacobsen y Mújica (2001) sostienen que la distribución geográfica del amaranto cultivado en América es amplia. Desde el tiempo precolombino, *Amaranthus cruentus* se encuentra en México y la zona central de EE.UU., *A. hypochondriacus* en el sudoeste de los EE.UU., y *A. caudatus* en la zona Andina de América del Sur. Las tres especies se han cultivado para obtener semilla y hojas frescas para usarse para el consumo humano.

La distribución geográfica del amaranto en Bolivia es más reducida en comparación a la quinua y la cañahua, pues según estudios realizados con la colección de germoplasma de Bolivia, la variabilidad de amaranto se distribuye desde los 17º 20' hasta los 21º28' de Latitud Sur, y desde los 64º 13' hasta los 69º 09' de Longitud Oeste. Su distribución altitudinal varía desde 1866 hasta 3050 m.s.n.m. (Figura 5).

Los departamentos donde muestras fueron colectadas: Cochabamba (provincias, Carrasco, Campero, Mizque, Capinota, Quillacollo, Punata, Arani, E. Arce), Chuquisaca (provincias, Yamparaez, Oropeza, Sudanés, Tomina y B. Boeto) y Tarija (provincia Cercado).

Figura 5. Sitios de recolección de amaranto almacenados en el Banco de Germoplasma de Granos Andinos.

Las principales zonas de producción del amaranto en Bolivia son: Tarija, Cochabamba, Chuquisaca, Yungas y los valles interandinos o mesotérmicos. De acuerdo a cada región, el amaranto se conoce con diferentes nombres comunes los cuales pueden verse en el Cuadro 1 (Kietz 1992).

Cuadro 1. Nombre común con el que se conoce al amaranto en diferentes ciudades y regiones.

Ciudad o región	Nombre común
Tarija	Coime, yuyo, aroma
Cochabamba	Millmi, yuyo, ayrampo
Chuquisaca	Cuimi
Yungas	Cuymi
Valles interandinos de Oruro	Illamcuma
Valles interandinos de Potosí	Cuimi
Otras regiones	Coyo

Al estudiar la variabilidad genética de la colección boliviana de amaranto (Figura 4), se han determinado los siguientes parámetros de importancia (Pinto *et al.* 2005; Guzmán 2004):

- El color de la planta varía de verde hasta púrpura con varios colores intermedios como amarillo, anaranjado, rosado-verde, rosado, rojo, rojo-morado;
- El hábito de crecimiento es erecto y postrado;
- La forma de la hoja es lanceolada, elíptica, cuneada, ovatinada y ovalada;
- El tipo de inflorescencia puede ser decumbente, semi-recta y recta;
- La forma de la panoja varía de espiga densa a panoja con ramas pequeñas, panoja ensanchada en los extremos y panoja rala con pocas ramas;
- El color del grano varía entre blanco, amarillo claro, dorado, rosado, rojo, marron y negro;
- El ciclo vegetativo varía de 141 a 162 días;
- El índice de cosecha varía de 0.118 a 0.263;
- El diámetro del grano varía ente 1,013 a 1.347 mm;
- El contenido proteico del grano varía de 10.22 a 18.27%;
- El diámetro de gránulo de almidón varía de 0.38 a 1.18 µ.

Figura 6. Variabilidad en el color de los granos de amaranto.

Bibliografía

Barriga P, Pessot R, Scaff R. 1994. Análisis de la diversidad genética en el germoplasma de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) recolectado en el sur de Chile. Agro Sur 22 (No. Esp.): 4.

Cayoja MR. 1996. Caracterización de variables continuas 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.

Gallardo MG, González JA. 1992. Efecto de algunos factores ambientales sobre la germinación de *Chenopodium quinoa* W. y sus posibilidades de cultivo en algunas zonas de la Provincia de Tucumán (Argentina). LILLOA XXXVIII, pp. 55-64.

Gandarillas H, Gandarillas C, Gandarillas A (editores). 2001. Humberto Gandarillas. Historia de la investigación para el desarrollo agropecuario en Bolivia. Memorias de un investigador. Cochabamba, Bolivia. pp. 139-142.

Guzmán L. 2004. Evaluación nutricional de la colección núcleo de amaranto para su aprovechamiento agroindustrial. Informe Anual 2003/2004. Proyecto IPGRI-IFAD "Elevar la contribución que hacen las especies olvidadas y subutilizadas a la seguridad alimentaria y a los ingresos de la población rural pobre". Fundación PROINPA, La Paz, Bolivia. pp. 31-34.

IPGRI, PROINPA e IFAD. 2005. Descriptores para cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen). Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos, Roma, Italia; Fundación PROINPA, La Paz, Bolivia; International Fund for Agricultural Development, Roma, Italia.

Jacobsen SE, Mujica A. 2001. Los recursos genéticos del amaranto (*Amaranthus caudatus* L., *A. cruentus* L., *A. hypochondriacus* L.) en América. En: Libro de Resúmenes X Congreso Internacional de Cultivos Andinos. 04-07 julio del 2001. Jujuy - Argentina.

Kietz R. 1992. Compendio de amaranto, rescate y revitalización en Bolivia. Instituto Latinoamericano de Investigación Social ILDIS, La Paz, Bolivia. 175 p.

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

Lescano JL. 1994. Genética y mejoramiento de cultivos altoandinos. Quinua, kañihua, tarwi, kiwicha, papa amarga, olluco, mashua y oca. Programa Interinstitucional de Waru Waru. Puno, Perú.

Mujica A. 1992. Granos y leguminosas andinas. En: Hernández J, Bermejo J, León J. (editores). Cultivos marginados: otra perspectiva de 1492. Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO, Roma. pp. 129-146.

Pinto M, Mamani E, Quispe L, Rojas W. 2005. Caracterización y análisis de la variabilidad fenotípica de la colección de germoplasma de amaranto. Informe Anual 2004/2005. Proyecto SIBTA-SINARGEAA "Manejo, conservación y uso sostenible de los recursos genéticos de granos altoandinos, en el marco del SINARGEAA". PROINPA. pp. 78-88.

Rojas W. 2002. Distribución geográfica de la colección de germoplasma de quinua. Informe Anual 2001/2002. Proyecto McKnight. Fundación PROINPA. 5 p.

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

Rojas W (editor). 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, Camargo A. 2004. Distribución geográfica de la variabilidad genética de la colección de germoplasma de cañahua. Informe Anual 2003/2004. Proyecto SIBTA-SINARGEAA "Manejo, conservación y uso sostenible de los recursos genéticos de granos altoandinos en el marco del SINARGEAA" Fundación PROINPA. pp. 2-5.

Rojas W, Cayoja M, Espindola G. 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.

Rojas W, Pinto M, Camargo A. 2002. Caracterización y evaluación preliminar de la colección de germoplasma de cañahua. Informe Anual 2001/2002. Proyecto SIBTA. Fundación PROINPA. 8 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.

IV. Banco de germoplasma de granos andinos

Wilfredo Rojas[1], Milton Pinto[2], Alejandro Bonifacio[3], Antonio Gandarillas[4]

[1] Ing. Agr., M.Sc. Coordinador Regional Altiplano, Fundación PROINPA;.E-mail: w.rojas@proinpa.org

[2] Ing. Agr., Responsable Área Recursos Genéticos, Regional Altiplano, Fundación PROINPA; E-mail: m.pinto@proinpa.org

[3] Ing. Agr., M.Sc., Ph.D. Responsable Programa Mejoramiento de la Quinua, Fundación PROINPA; E-mail: a.bonifacio@proinpa.org

[4] Ing. Agr., M.Sc., Ph.D. Gerente General, Fundación PROINPA; E-mail: a.gandarillas@proinpa.org

El banco de germoplasma de granos andinos en Bolivia conserva un gran número de accesiones de quinua, cañahua y amaranto silvestres, cultivadas y mejoradas provenientes mayoritariamente del país, de la región andina y algunas de otras regiones del mundo.

Introducción

Durante los últimos 3 ó 4 decenios, las colecciones de germoplasma mantenidas *ex situ* han experimentado un gran aumento en número y tamaño como resultado del intenso trabajo hecho en todo el mundo para conservar los recursos fitogenéticos. Estas colecciones se mantienen en condiciones muy diversas, dependiendo de políticas de orden nacional o internacional, del entorno institucional, de la pericia disponible, de las instalaciones y los presupuestos, y del grado de colaboración nacional e internacional (Engels y Visser 2007).

La sola creación de un banco de germoplasma no garantiza la conservación de los recursos fitogenéticos de interés de un país, aspecto que ha quedado demostrado con el informe sobre el estado de los recursos fitogenéticos en el mundo (FAO 1996). Los bancos de germoplasma son esenciales para la seguridad y soberanía alimentaria de cada pueblo, son parte de su patrimonio ancestral y cultural, y es una responsabilidad que debe asumir la sociedad y el Estado. Para ello, la conservación requiere apoyo institucional, es decir, proveer de manera sostenida los recursos económicos con personal especializado y con el equipamiento necesario para mantener las colecciones de germoplasma y realizar las actividades de conservación.

Según Engels y Visser (2007) cada vez se presta más atención al aspecto económico, inquietud que obedece a los costos siempre crecientes del mantenimiento y la regeneración de las colecciones de germoplasma y a la posibilidad de que, con el tiempo, se detecte erosión genética en un banco que no haya aplicado un manejo adecuado. El aspecto económico de un banco de germoplasma no sólo representa un factor externo que consiste en asignar presupuestos a operaciones específicas del banco, sino que se relaciona con el proceso interno de toma de decisiones sobre gastos de la institución, que es un asunto mucho más importante.

Sin embargo, en países en vías de desarrollo no siempre la conservación y la tecnología reciben una prioridad, o las decisiones muchas veces son tomadas desde una óptica política y no tecnológica. Este ha sido el caso del Banco de Germoplasma de Granos Andinos de Bolivia (BGGAB), donde las condiciones no siempre han sido fáciles, pero finalmente se ha logrado mantener un banco de germoplasma en las mejores condiciones posibles.

Es también importante resaltar que el BGGAB dispone de la mayor diversidad de quinua respecto a otros países de la región. Esto se debe a que este grano es de mayor importancia en comparación con otros cultivos andinos, debido a que es un cultivo muy "boliviano", fuertemente arraigado a las costumbres, al consumo y a la producción del país. Bolivia es el país no solo con la mayor diversidad genética de granos andinos, sino también con las mayores superficies cultivadas del mundo y con las mayores tasas de exportación, factores que demuestran su importancia estratégica para el país.

En este capítulo se hace un resumen sobre el origen del Banco de Germoplasma de Granos Andinos de Bolivia, su implementación y el proceso que ha seguido durante estos 45 años desde que se recolectaron las primeras accesiones de quinua (en los años 60s), el momento crítico que pasó durante un período y que puso en riesgo su existencia, el trabajo desarrollado hasta lograr un gran reconocimiento tanto en el ámbito nacional como internacional, y finalmente la situación actual de su administración.

Historia del Banco de Germoplasma de Granos Andinos

Las primeras iniciativas por constituir una colección de germoplasma de quinua y otros cultivos andinos se remonta a la década de los años 60, bajo la iniciativa del Ing. Humberto Gandarillas, quien realizó recolecciones en el altiplano y valles interandinos de Bolivia. El material recolectado sirvió para implementar el Banco de Germoplasma de Quinua, que operó inicialmente bajo la responsabilidad de la Estación Experimental de Patacamaya y posteriormente del Programa Nacional Quinua del entonces Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria (IBTA).

En los años 90, a la crisis y cierre del IBTA y al pasar la Estación Experimental de Patacamaya a depender de la Prefectura de La Paz, se pone en inminente peligro la pérdida del germoplasma. Por iniciativa de los investigadores de quinua y ejecutivos de la Fundación PROINPA[6] de reciente creación, se decide realizar un esfuerzo mayor para mantener el germoplasma que se había sembrado en el altiplano norte gracias al proyecto PREDUZA[7] que trabajaba en el marco de un convenio con el IBTA. En el año agrícola 1997-98, el proyecto PREDUZA estaba en plena ejecución y manejado por investigadores del entonces Programa Nacional Quinua del IBTA.

Este material, por razones de acceso, facilidad de manejo y principalmente por las condiciones ambientales que posee el altiplano norte para evaluar la resistencia al mildiu, había sido dividido en dos lotes. El 50% se evaluó en la Estación Experimental Belén (provincia Omasuyos), y el otro 50% en la Estación Experimental Choquenaira (provincia Ingavi), ambas dependientes de la Facultad de Agronomía de la UMSA[8]. De esta manera, después de la cosecha se pudo contar con una réplica de la colección de germoplasma de quinua.

En el año 1999, parte del personal que anteriormente trabajaba en el Programa Quinua del IBTA fue incorporado a la Fundación PROINPA, y al mismo tiempo incluyó al rubro quinua en su ámbito de trabajo. Estas dos situaciones coincidentes posibilitaron la búsqueda de recursos de la cooperación internacional con el IPGRI[9] y DANIDA[10], que apoyaron las actividades por un año. Es así que en la gestión 1999-2000 se pudo dar continuidad a las actividades que de conservación de la colección de germoplasma de quinua y principalmente resguardar la variabilidad genética.

En el año 1998-99, el Ministerio de Agricultura, preocupado por atender los compromisos de varios proyectos relacionados a la quinua y la importancia de los recursos genéticos, decide delegar a la Fundación PROINPA la responsabilidad de hacerse cargo de la conservación del Banco de Germoplasma de Quinua en el marco de la normativa vigente en el país. Es aquí donde se abre una nueva página de la conservación de los recursos fitogenéticos en el país y la Fundación PROINPA se hace cargo por más de 10 años de la conservación del Banco de Germoplasma de Granos Andinos. Este banco fue conformado a partir del material genético de quinua que se manejó en los distintos convenios establecidos entre el Programa Quinua

[6] La Fundación PROINPA fue creada en abril de 1998
[7] PREDUZA - Proyecto Resistencia Duradera de la Zona Andina
[8] UMSA - Universidad Mayor de San Andrés
[9] IPGRI - Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos, actualmente Bioversity Internacional
[10] DANIDA - Cooperación Danesa

del ex IBTA, y adicionalmente realizó nuevas colectas e inició la implementación de un sistema de documentación para optimizar su utilización (Bonifacio y Rojas 1999).

En el año 2000, la Fundación PROINPA establece un programa de mejoramiento genético de quinua que permite ayudar a la conservación del banco de germoplasma de quinua y trabajar en el uso, selección y liberación de nuevas variedades como la 'Jacha Grano'. Esto se realizó gracias a la Fundación McKnight, quien financió el proyecto "Producción sostenible de la quinua: un cultivo descuidado de la zona de los Andes". Asimismo, durante esta etapa crítica del banco de germoplasma, la Fundación PROINPA gestionó recursos y recibió el apoyo de DANIDA, IPGRI, PPD / PNUD[11] e IFAD[12]; este último dio su apoyo través del proyecto de "Especies Olvidadas y Subutilizadas". Además, entre 2005 y 2007, la Fundación PROINPA ejecutó el proyecto PIEN-Quinua[13] dedicado a la caracterización del germoplasma de quinua y mejoramiento genético. Como resultado del proyecto, se liberaron las variedades Blanquita, Aynoqa y Horizontes. Estos proyectos gestionados por la Fundación PROINPA han contribuido directa e indirectamente a la conservación y utilización de los recursos genéticos de la quinua.

Implementación y administración del Banco de Germoplasma de Granos Andinos

Durante el proceso de cierre del IBTA, la Estación Experimental de Patacamaya pasó al SEDAG[14] La Paz, y el Programa Nacional Quinua (PNQ) pasó a constituir el Programa de Investigación de Quinua del SEDAG La Paz, incluyendo bajo su responsabilidad la colección de germoplasma de quinua. Durante este proceso, el germoplasma de quinua no tenía ningún apoyo económico y se encontraba en franco peligro de desaparición al no existir una política clara al respecto.

Ante esta situación, las autoridades del entonces MAGDER[15], luego MDRAyMA[16] y actualmente MDRyT[17], mediante nota PDTA-2216-BO-C-N° 418 / 98, han encomendado a la Fundación PROINPA hacerse cargo en calidad de 'custodio', de las colecciones de germoplasma de quinua y cañahua a partir del material genético que estaba manejando y provenía de

[11] PPD/PNUD - Programa de Pequeñas Donaciones / Programa de las Naciones Unidas para el desarrollo
[12] IFAD - Fondo Internacional para el Desarrollo de la Agricultura
[13] PIEN-Quinua - Proyectos de Innovación Estratégica Nacional-Quinua
[14] SEDAG - Servicio Departamental Agropecuario
[15] MAGDER - Ministerio de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural
[16] MDRAyMA - Ministerio de Desarrollo Rural, Agropecuario y Medio Ambiente
[17] MDRyT - Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras

la Estación de Patacamaya. Para la administración, manejo y conservación de ambas colecciones, la Fundación PROINPA por iniciativa propia, gestionó recursos descritos anteriormente y posteriormente recibió el apoyo financiero, desde febrero de 2001, de convenios firmados entre el MAGDER, la UCPSA[18] y la Fundación PROINPA. También es importante destacar que durante este periodo y por gestiones propias de la Fundación PROINPA, se logra que en el marco del SIBTA[19], se incluyan los recursos genéticos.

Subsiguientemente la UCPSA mediante Convocatoria Internacional a Consultoría N° 001 / 2001, se le encomendó al IICA[20] en Bolivia la elaboración del diseño de una "Estrategia para el Sistema Nacional de Recursos genéticos para la Agricultura y la Alimentación - SINARGEAA", al mismo tiempo, definió las entidades idóneas para hacerse cargo de los Bancos Nacionales de Germoplasma.

Posteriormente con la creación del SINARGEAA en el 2003, entraron en funcionamiento seis Bancos Nacionales de Germoplasma, y el MDRAyMA refrendó la responsabilidad de la Fundación PROINPA como entidad a cargo del Banco Nacional de Germoplasma de Granos Altoandinos, y fue reconocida como institución líder del Subsistema Granos Altoandinos. Por tanto, hasta diciembre de 2008 la fundación ha continuado recibiendo el apoyo presupuestario para la conservación de estos recursos genéticos en el marco del SINARGEAA a través de un contrato entre la UCPSA y la Fundación PROINPA.

Luego el INIAF[21], que en su Decreto de Creación es designado como la autoridad competente en recursos genéticos a nivel nacional, gestionó ante el ex - FOCAS (Embajada del Reino de los Países Bajos y Embajada Real de Dinamarca) un financiamiento para el Plan de Transición del SINARGEAA para el periodo 2009-2010. En ese marco, el INIAF y la Fundación PROINPA suscribieron un convenio de cooperación interinstitucional para establecer mecanismos de coordinación e interacción para la conservación y gestión del Banco Nacional de Germoplasma de Granos Andinos hasta concretar su transferencia.

Historia y evolución de las colecciones de germoplasma

Quinua

Rojas *et al.* (2001), al publicar el primer catálogo sobre la colección de germoplasma de quinua, se incluye un resumen sobre la historia y evolución

[18] UCPSA - Unidad de Coordinación del Programa de Servicios Agropecuarios
[19] SIBTA - Sistema Boliviano de Tecnología Agropecuaria
[20] IICA - Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura
[21] INIAF - Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal

de la colección de quinua, la cual se menciona a continuación. Según Tapia (1977) citado por Rojas *et al.* (2001), la primera organización en la zona Andina de germoplasma de quinua y otros cultivos andinos fue realizado en la Estación Experimental de Patacamaya en 1966. Esto se realizó mediante la iniciativa de Humberto Gandarillas quien efectuó viajes de recolección en todo el altiplano y valles interandinos de Bolivia, con el apoyo financiero del Proyecto Bolivia II Oxfam - FAO, y después con el apoyo del Instituto del Cultivos Andinos del Ministerio de Agricultura de Bolivia.

Luego, se amplió la colección a 1375 accesiones con importantes donaciones que se recibieron de la Universidad Técnica de Oruro (56 accesiones), y 239 accesiones procedentes del Perú donadas por el IICA. Posteriormente y como resultado de evaluaciones a este material en la Estación de Patacamaya, se establecieron y se describieron 17 razas de quinua (Gandarillas 1968).

Luego, a fines de la década del 60' y principios de los 70', se recibieron en calidad de donación e intercambio 446 accesiones del Perú, entre ellas 131 accesiones correspondientes a selecciones masales de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno. En este mismo periodo, se reportó una recolección de 159 accesiones tanto cultivadas como silvestres en el altiplano centro de Bolivia (La Paz y Oruro), y se recibieron 65 accesiones colectadas por la OEA[22], sin datos de registro y fecha de recolección.

Si se suman los números reportados a mediados de la década del 70, y la colección de quinua y cultivos andinos, la colección debería tener 2045 accesiones. Sin embargo, debido a que en ese entonces se decidió excluir de la colección a los cultivos de papa, oca y papalisa, y se produjeron unas pérdidas de material genético en ese momento, se realizó una reasignación de la numeración de las accesiones del germoplasma de quinua, reportándose en ese momento a 1458 accesiones. Posteriormente Waldo Tellería efectuó una colecta en el departamento de Oruro, llegando la colección de germoplasma a 1472 accesiones.

En 1978 se recibió en calidad de donación, accesiones del norte de Argentina extendiéndose la colección a 1487 accesiones; en el mismo año, Humberto Gandarillas efectuó recolecciones por el altiplano y valles interandinos del país, reportando adicionalmente el ingreso de tres accesiones de México, con lo que la colección de germoplasma alcanzó 1516 accesiones.

Posteriormente en 1981, Humberto Gandarillas, Gualberto Espindola y Florencio Zambrana efectuaron diferentes viajes de recolección en el país incrementando la colección a 1752 accesiones. En 1982 se registró el ingreso de ocho accesiones procedentes del Ecuador (INIAP[23]) y una del norte de Chile, aumentando la colección de germoplasma a 1761 accesiones.

[22] OEA - Organización de Estados Americanos

[23] INIAP - Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, Ecuador

Entre los años 1983 y 1985, se efectuaron varias colecciones en el país donde participaron Humberto Gandarillas, Gualberto Espindola, Raúl Saravia, Alejandro Bonifacio, Emigdio Ballón, Germán Nina y Estanislao Quispe, incrementándose la colección s a 1985 accesiones; en ese mismo lapso de tiempo se reportó también el ingreso de variedades de quinua provenientes del Perú, Ecuador, Chile y México. Luego en el año 1987 se recibió la donación de una accesión procedente del norte de Argentina, y en 1989 se reporta la recolección en el altiplano centro de 15 accesiones por Guillermo Prieto, Raúl Saravia y Alejandro Bonifacio, ampliándose la colección a 2001 accesiones.

En 1992, el germoplasma registraba 2012 accesiones, estas últimas (11 accesiones) sin datos de procedencia. El mismo año se incorporan 20 accesiones procedentes del altiplano sur y centro, cuyos colectores fueron Gualberto Espindola, Genaro Aroni y Juan Tupa.

En 1993, se recibió en calidad de donación 54 accesiones procedentes de Cochabamba de la ONG Wiñay Siway, Cooperativa Integral de Servicios Punata, Radio Esperanza y Segundo Alandia, y cuatro accesiones procedentes del Ecuador de parte del INIAP, alcanzando la colección de germoplasma 2090 accesiones. En el mismo año, la Subestación Mañica (Potosí) del IBTA, a través de Severino Bartolomé, efectuó una recolección de 147 accesiones (cultivadas y silvestres), incorporándose asimismo 182 accesiones (material silvestre y líneas avanzadas amargas y dulces) del área de mejoramiento del Programa Nacional Quinua, incrementándose la colección de germoplasma a 2419 accesiones.

En 1994, Wilfredo Rojas, Nicolás Monasterios y Gualberto Espindola, efectuaron una colecta de nueve accesiones del altiplano sur, y nueve accesiones de la provincia Pacajes de La Paz; también se efectuó un intercambio con la Escuela Técnica de Caquiaviri, y producto de ello se incorporaron 65 accesiones; igualmente, se recibió en calidad de donación nueve accesiones del INIA[24] Perú, con lo que la colección alcanzó 2511 accesiones.

En el año 1995, se incorporaron a la colección 24 accesiones, principalmente variedades y líneas mejoradas, alcanzando la colección 2535 accesiones; este es el número de accesiones que se manejaba en la Estación Experimental de Patacamaya al cierre del IBTA.

A partir del trabajo realizado por la Fundación PROINPA, se llevaron a cabo colectas complementarias y planificadas. En 1998 se incorporaron 12 líneas avanzadas procedentes del área de mejoramiento y se registró el ingreso de 56 accesiones recolectadas del altiplano sur por Alejandro Bonifacio. En 1999 se incorporaron 13 accesiones del ensayo mundial de quinua procedentes de Perú, Ecuador, Inglaterra, Holanda y Dinamarca, y adicionalmente se recolectaron 85 accesiones en los altiplanos norte, centro y sur, alcanzando la colección de germoplasma 2701 accesiones (Rojas *et al.* 1999).

[24] INIA - Instituto Nacional de Innovación Agraria, Perú

Cuadro 1. Cantidad y procedencia de las accesiones de quinua que se conservan en el Banco de Germoplasma de Granos Andinos.

País de procedencia	Departamento o región	Número de accesiones	Subtotal
Bolivia	La Paz	963	2300
	Oruro	617	
	Potosí	469	
	Cochabamba	124	
	Chuquisaca	108	
	Tarija	19	
Perú	Ancash	5	675
	Junín	18	
	Ayacucho	40	
	Cusco	36	
	Puno	567	
	Ica	9	
Ecuador	Norte	11	28
	Centro	17	
Chile	Norte	1	18
	Sur	17	
Argentina	Jujuy	16	16
México	Norte	3	6
	Centro	3	
EE.UU.	Nuevo México	1	1
Dinamarca		2	2
Holanda		2	2
Inglaterra		2	2
OEA		60	60
No identificado		11	11
Total			3121

Entre el 2000 y 2002 se incorporaron 135 accesiones alcanzando la colección de germoplasma 2836 accesiones, de las cuales 107 accesiones fueron recolectas mediante el método de colecta descentralizada con el apoyo del proyecto IFAD-NUS (Rojas 2002). Más aún, en el año 2002-2003, se recolectaron 113 accesiones igualmente con el apoyo del proyecto IFAD-NUS y la colección de quinua aumentó a 2949 accesiones (Rojas *et al.* 2003).

Finalmente, en el año 2003-2004 se recolectaron 172 accesiones alcanzando la colección de germoplasma 3121 accesiones (Cuadro 1), aplicando también el método de colecta descentralizada a través del proyecto "Manejo, conservación y uso sostenible de los recursos genéticos de granos andinos, en el marco del SINARGEAA" (Rojas y Pinto 2004).

Cañahua

En el caso de la colección de cañahua la historia es similar a la colección de quinua, ya que en 1998 se iniciaron las actividades orientadas a la selección por tamaño de grano y características de resistencia al desgrane en las Estaciones de Choquenaira (UMSA) y Letanías (Instituto Benson). En el marco del trabajo realizado por la Fundación PROINPA, en el año 1998-1999 se recolectaron cuatro accesiones en la provincia Quijarro de Potosí y en las provincias Pagador y Sajama de Oruro, alcanzando la colección de germoplasma 484 accesiones (Rojas *et al.* 1999).

En el año 2001-2002 se incorporaron 59 accesiones de la provincia Ingavi de La Paz alcanzando la colección de germoplasma 543 accesiones, que fueron recolectas mediante el método de colecta descentralizada con el apoyo del proyecto IFAD-NUS (Rojas 2002). Asimismo, en el año 2002-2003 se recolectaron 24 accesiones provenientes de las provincias Ingavi y Camacho de La Paz y de la provincia Dalence de Oruro también con el apoyo del proyecto IFAD-NUS, alcanzando la colección de cañahua 567 accesiones (Rojas *et al.* 2003).

En el año 2003-2004 se incorporaron 203 accesiones alcanzando la colección de germoplasma 770 accesiones. Se colectaron 128 accesiones de la provincia Bolívar de Cochabamba, 40 accesiones de las provincias Omasuyos, Ingavi, Los Andes Manco Kapac y Aroma de La Paz, y 32 accesiones de las provincias Saucarí, Carangas, Litoral, Cercado, Sajama, San Pedro de Totora y Nor Carangas de Oruro. En todos los casos se aplicó el método de colecta descentralizada a través del proyecto "Manejo, conservación y uso sostenible de los recursos genéticos de granos andinos, en el marco del SINARGEAA". Adicionalmente se incorporaron tres accesiones provenientes de Puno, Perú (Rojas y Pinto 2004).

Finalmente, en el año 2005-2006 se recolectaron 31 accesiones de las provincias Curahuara de Carangas y San Pedro de Totora, incrementándose la colección de germoplasma a 801 accesiones (Cuadro 2). Se aplicó en este caso el método de colecta centralizada a través del proyecto "Manejo, conservación y uso sostenible de los recursos genéticos de granos andinos, en el marco del SINARGEAA" (Pinto y Rojas 2006).

Cuadro 2. Cantidad y procedencia de las accesiones de cañahua que se conservan en el Banco de Germoplasma de Granos Andinos.

País de procedencia	Departamento	Provincia	Número de accesiones	Sub-total
Bolivia	La Paz	Murillo	18	190
		Aroma	55	
		Ingavi	72	
		Camacho	17	
		Los Andes	6	
		Pacajes	2	
		Manco Kapac	1	
		Omasuyos	19	
	Oruro	Carangas	2	62
		Cercado	1	
		Litoral	1	
		Nor Carangas	5	
		P.Dalence	1	
		Sajama	32	
		Saucari	2	
		San Pedro Totora	18	
	Cochabamba	Bolívar	128	128
	Potosí	Antonio Quijarro	1	1
Perú	Puno	Puno	13	13
No Identificado			407	407
Total				801

Amaranto

En el año 2002-2003 se colectaron 25 accesiones de amaranto *Amaranthus caudatus* L. procedentes de 9 comunidades de la provincia Mizque y de 7 comunidades de la provincia Campero del departamento de Cochabamba. Con este material genético se inició la implementación de la colección de germoplasma de amaranto con el apoyo del proyecto IFAD-NUS y que actualmente forma parte del Banco de Germoplasma de Granos Andinos. Este trabajo se realizó en conjunto con la ONG SUKA aplicando el método de colecta descentralizada.

Posteriormente en el 2003-2004 se registró la incorporación 26 nuevas accesiones procedentes de comunidades de los departamentos de Chuquisaca y Cochabamba, alcanzando la colección de germoplasma de amaranto las 51 accesiones (Cuadro 3).

Cuadro 3. Cantidad y procedencia de accesiones de amaranto que se conservan en el Banco de Germoplasma de Granos Andinos.

País de procedencia	Departamento	Provincia	Número de accesiones	Sub-total
Bolivia	Cochabamba	Campero	6	32
		Cercado	4	
		Mizque	22	
	Chuquisaca	Yamparáez	19	19
Total				51

Situación actual del Banco de Germoplasma de Granos Andinos

En el año agrícola 2009-2010 se concretó la transferencia del Banco de Germoplasma de Granos Andinos de la Fundación PROINPA al INIAF. La entrega ha sido notariada, registrando en detalle el estado de conservación de cada accesión, así como la documentación relacionada (base de datos, publicaciones, protocolos y otros), y materiales y equipamiento base para la conservación. La transferencia incluyó además, el entrenamiento del personal del INIAF para que continúen de manera inmediata con la administración del banco.

Esta situación cierra una etapa muy importante para la Fundación PROINPA en la administración de los Bancos Nacionales de Germoplasma, pues en el caso de tubérculos lo administró por 20 años y en el caso de granos, por 12 años. Ha sido un trabajo realizado con gran dedicación, incrementando las accesiones de los bancos hasta en más del 100%, mejorando la calidad de la conservación, modernizando la documentación, y generando conocimiento base para usos en diferentes ámbitos desde el mejoramiento genético hasta la agroindustria. Esto sin embargo ha sido posible mediante proyectos complementarios con los que se han articulado los bancos con diferentes usuarios, desde académicos, científicos y técnicos, hasta las comunidades que trabajan en conservación *in situ*.

También es importante señalar que se ha logrado un gran reconocimiento tanto en el ámbito nacional como internacional, empezando por los agricultores conservacionistas, las entidades del gobierno, la cooperación internacional basada en Bolivia, y las entidades del exterior del país que reconocen a los bancos por su alta calidad de conservación y por mantener material único.

Logros alcanzados

A continuación se describen los principales logros alcanzados durante el periodo en que la Fundación PROINPA estuvo a cargo del Banco de Germoplasma de Granos Andinos, trabajo que fue realizado de manera complementaria a través de los diferentes proyectos que ha gestionado y ejecutado (Rojas *et al.* 2009):

1. Conservación *ex situ*

- Por medio de colectas de germoplasma centralizadas y descentralizadas se contribuyó a incrementar el número de accesiones de la colección de quinua de 2535 a 3121 accesiones, y de la colección de cañahua de 480 a 801 accesiones. Asimismo, se conformaron e implementaron las colecciones de amaranto con 51 accesiones, de paico con 63 accesiones, de atriplex con 51 accesiones, de cauchi con 27 accesiones, y de tarwi con 12 accesiones.
- Se han implementado la colección núcleo de quinua que está conformada por 267 accesiones y la colección núcleo de cañahua que está conformada por 57 accesiones.
- Se ha desarrollado un protocolo para implementar el almacenamiento de semillas a largo plazo, que consiste en la reducción de la humedad interna de las semillas de 3 a 7%, y el almacenamiento en sobres de aluminio en cámara freezer a una temperatura de -20°C. Las colecciones núcleo de quinua y cañahua se encuentran almacenadas bajo esta metodología.
- Entre el 95 y 100% de las colecciones de quinua, cañahua y amaranto se encuentran caracterizadas y evaluadas desde el punto de vista agromorfológico. El 86% de la colección de quinua y el 10% de la de cañahua se encuentran caracterizadas desde el punto de vista molecular. Se determinó el valor nutritivo y agroindustrial del 12% de accesiones de la colección de quinua, el 10% de accesiones de la colección de cañahua, y el 20% de accesiones de la colección de amaranto.
- Se encuentra en proceso la implementación un cronograma de regeneración de las colecciones de quinua y cañahua; para ello se han identificado 15 grupos de quinua y 12 grupos de cañahua, a cuyas semillas se les vienen registrando cada seis meses su porcentaje de germinación desde el año 2004.
- Se ha identificado taxonómicamente ocho especies en el germoplasma silvestre de quinua que está conformado por 270 accesiones.
- Se ha implementado y consolidado el sistema de documentación del Banco de Germoplasma de Granos Andinos, el cual está compuesto por un sistema manual y un sistema electrónico. Ambos sistemas contienen información relacionada a actividades de conservación *ex situ* e *in situ*.

2. Conservación *in situ*

- Se ha completado el inventariado y la caracterización de la agrobiodiversidad de cinco microcentros del área circundante al Lago Titicaca, los cuales son sitios potenciales para promover programas de conservación *in situ*.
- En los cinco microcentros se estudiaron las costumbres y tradiciones en el manejo de los cultivos, la realización de rituales y festividades, los bioindicadores o señas durante el año agrícola, la distribución espacial y temporal en sistemas tradicionales de cultivo como las *aynoq'as*, *sayañas*, *huyus* y *jochi irana*, y el sistema de organización comunitaria (social), donde existen familias elegidas anualmente (*yapu campus* = cuidador de chacra) para el cuidado de los cultivos de las adversidades climáticas (granizo, helada, inundaciones y otros).
- Anualmente y desde el 2005, en los microcentros se organizaron concursos de "agrobiodiversidad y usos de los cultivos andinos", eventos que permitieron cuantificar e inventariar la diversidad existente, revalorizar los conocimientos ancestrales y las artesanías asociadas al manejo y uso de la agrobiodiversidad.
- Desde el 2005 y de forma anual, se han promovido encuentros de agricultores conservacionistas, donde se crea un espacio de discusión, reflexión y toma de decisiones. Estos espacios permiten interactuar sobre distintos temas como el manejo de los sistemas tradicionales de cultivo, y la importancia de los saberes locales para ayudar a cosechar alimentos a pesar de tropezar con variaciones extremas de clima.
- Durante este proceso, los gobiernos municipales de Mocomoco y Puerto Mayor Carabuco (provincia Camacho), Puerto Pérez (provincia Los Andes) y Desaguadero (provincia Ingavi), emitieron Ordenanzas Municipales donde reconocen a los microcentros de su jurisdicción como patrimonios culturales. Esto se debe a la labor milenaria que vienen realizando en favor de la conservación de los cultivos andinos, a los tejidos autóctonos, manejo de los bioindicadores, rituales y por las fiestas autóctonas para recibir y despedir a los cultivos andinos, considerados como componentes culturales que se han heredado y que es la memoria oral e intangible de la comunidad.

3. Relacionamiento *ex situ - in situ*

- Se realizaron evaluaciones participativas con el germoplasma de quinua y cañahua, lo cual ha permitido fortalecer la utilización directa del germoplasma, y la introducción y reintroducción de al menos 30 accesiones de quinua y 20 accesiones de cañahua.

- Durante el trabajo de evaluación participativa de quinua y cañahua, se ha podido advertir que uno de los factores que influye marcadamente en los criterios de evaluación y las prioridades de los agricultores, es el uso final del producto. Es posible que una accesión se comporte muy bien bajo criterios convencionales, pero puede que no responda a la diversidad de usos que los agricultores le asignan.
- Aplicando el método de evaluaciones participativas, se logró obtener las primeras variedades de cañahua del país, las cuales fueron registradas ante el Programa Nacional de Semillas (ahora INIAF) con el nombre de variedad Illimani y variedad Kullaca. Para lograr el registro de estas variedades, también se ha contribuido a desarrollar el "Descriptor de Variedades de Cañahua", que corresponde al Formulario RE-02. Esta experiencia ha permitido al país desarrollar y contar con un procedimiento para el registro y certificación de semilla de cañahua (contribución al sistema legal de certificación de semillas boliviano).
- Se promovió el uso de accesiones de quinua y cañahua en nuevas formas de preparados, como son: 1) Queque de quinua; 2) Queque de cañahua; 3) Galletas de cañahua; 4) Galletas de quinua; 5) Jugo de quinua con manzana; 6) Pisara de quinua a la valenciana; 7) Pan de quinua; 8) Pan de cañahua; 9) Tawas de quinua; 10) Tawas de cañahua; 11) Humintas de quinua; 12) Panqueque de quinua; 13) Albóndiga de quinua; 14) Albóndiga de cañahua; 15) Choricitos de quinua; y 16) Choricitos de cañahua, entre otros. En las capacitaciones se aplicaron evaluaciones participativas para determinar las aptitudes de los materiales genéticos evaluados.
- Se promovió el vínculo entre agricultores que producen y conservan quinua y cañahua mediante visitas a las instalaciones de agroindustrias y empresas que procesan granos andinos: 1) Procesadora de Cereales Andina; 2) Industrias IRUPANA; 3) ANAPQUI; 4) SAITE SRL; y 5) Alexander Coffee, entre otras. En las visitas los agricultores observaron la transformación del grano de quinua y cañahua en productos procesados listos para consumir, y conocieron asimismo la calidad del grano que se requiere en las agroindustrias y empresas.
- Como resultado del fortalecimiento organizacional, se conformaron al menos cuatro organizaciones de productores de cultivos andinos: APROCA-Cachilaya, AINCOCA-Coromata Media, ATISOL-Santiago de Okola y APROECA-Cariquina Grande. Siguiendo la metodología de EPCP, se apoyó el fortalecimiento de estas Organizaciones Económicas Campesinas - OECAs, con el objetivo de comercializar los productos de la agrobiodiversidad que producen bajo sistemas tradicionales de cultivo.

Bibliografía

Bonifacio A, Rojas W. 1999. Conformación del banco de germoplasma de quinua. Informe Anual 1998-99. Fundación PROINPA. pp. 4-6.

Engels JMM, 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.

FAO. 1996. Informe sobre el estado de los recursos fitogenéticos en el mundo. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Italia. 75 p.

Gandarillas H. 1968. Razas de quinua. Bolivia, Ministerio de Agricultura. División de Investigaciones Agrícolas. Boletín Experimental N° 4, 53 p.

Pinto M, Rojas W. 2006. Exploración y colecta de cañahua en microcentros de diversidad de Oruro. Informe Anual 2005/2006. Proyecto SIBTA-SINARGEAA "Manejo, conservación y uso sostenible de los recursos genéticos de granos altoandinos, en el marco del SINARGEAA". Fundación PROINPA. pp. 3-10.

Rojas W. 2002. Recolección de germoplasma de cañahua y quinua. En: Informe Técnico Anual 2001 - 2002. Año 1. Proyecto "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". IPGRI - IFAD, Fundación PROINPA. La Paz, Bolivia. pp. 13-21.

Rojas W, Bonifacio A, Aroni G, Aroni JC. 1999. Recolección de nuevas accesiones de quinua y otras Chenopodiaceas. Informe Anual 1998-99. Fundación PROINPA. 5 p.

Rojas W, Cayoja M, Espindola G. 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.

Rojas W, Pinto M. 2004. Colecta descentralizada de quinua y cañahua. Informe Anual 2003/2004. Proyecto SIBTA-SINARGEAA "Manejo, conservación y uso sostenible de los recursos genéticos de granos altoandinos, en el marco del SINARGEAA". Fundación PROINPA. pp. 11-19.

Rojas W, Pinto M, Camargo A. 2003. Recolección descentralizada de germoplasma de cañahua y quinua. En: Informe Técnico Anual 2002 - 2003. Año 2. Proyecto "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". IPGRI - IFAD, Fundación PROINPA. La Paz, Bolivia. pp. 9-18.

Rojas W, Pinto M, Mamani E. 2009. Logro 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.

V. Colecta de germoplasma

Wilfredo Rojas[1], Milton Pinto[2]
[1] Ing. Agr., M.Sc. Coordinador Regional Altiplano, Fundación PROINPA; E-mail: w.rojas@proinpa.org
[2] Ing. Agr., Responsable Área Recursos Genéticos, Regional Altiplano, Fundación PROINPA; E-mail: m.pinto@proinpa.org

Las colectas de germoplasma son necesarias y están ampliamente justificadas en la región andina que es uno de los centros de origen y domesticación de algunas especies olvidadas y subutilizadas como la quinua, la cañahua y el amaranto, donde poseen una amplia variabilidad genética tanto de variedades cultivadas como de parientes silvestres que coexisten y evolucionan a través del tiempo.

Introducción

Se denomina colecta de germoplasma al proceso de obtención de muestras de semilla representativas de poblaciones vegetales silvestres o variedades de especies cultivadas. Las muestras deben ser de semillas viables, que tengan la facultad de germinar y desarrollar plantas parecidas a las plantas madres si se siembran en ambientes similares. La colecta de germoplasma se diferencia de las exploraciones etnobotánicas en que las colecciones son de semillas y se hacen con algún procedimiento de muestreo que permita hacer inferencia sobre la composición de la población. La colecta de germoplasma se hace para la conservación de la diversidad de la especie, para la obtención de germoplasma que puede usarse en mejoramiento genético o para buscar y encontrar nuevas poblaciones que no estén disponibles en bancos de germoplasma (Sevilla y Holle 2004).

Las colectas de germoplasma son necesarias y ampliamente justificadas en centros de origen y domesticación de especies debido a que en ellos se pueden encontrar variedades cultivadas y sus parientes silvestres que coexisten y evolucionan con el transcurso del tiempo. La región andina de la cual forma parte Bolivia, es considerada como uno de los ocho centros de origen de especies en el mundo y por tanto contiene amplia variabilidad genética de especies, entre las que se encuentran la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), la cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) y el amaranto (*Amaranthus caudatus* L.), llamados también granos andinos que son apreciados por su alto valor nutricional, su potencial económico, adaptativo e inclusive medicinal.

En Bolivia desde el año 1964, se han realizado colectas de estos granos andinos en diferentes localidades del altiplano y valles interandinos del país, y como resultado de estos trabajos se han conformado colecciones de germoplasma que subsisten hasta hoy. Si bien en estas colecciones de germoplasma se conservan cantidades importantes de accesiones de granos andinos, la variabilidad almacenada en las colecciones no representa toda la diversidad existente en el país. Es por esto que en el marco del proyecto IFAD-NUS, se han realizado trabajos de recolección de germoplasma de quinua, cañahua, y amaranto en áreas geográficas diferentes a las colectadas anteriormente.

Colecta descentralizada, una nueva alternativa para adquirir germoplasma de granos andinos

Desde que se han iniciado las colectas de germoplasma, ha prevalecido el método de *colecta centralizada* que se basa en el trabajo conjunto de un equipo de científicos investigadores que recorren las aéreas de distribución de las especies objetivo recolectando semillas u otras parte de la planta para conformar colecciones de germoplasma. Sin embargo, desde algún tiempo atrás se ha implementado una nueva forma de recolección de germoplasma conocida como *colecta descentralizada* que se basa en organizar el trabajo en colaboración con entidades o grupos locales como los servicios de extensión, organización de agricultores, ONGs y Universidades, entre otros. Según Guarino *et al.* (1995) trabajar con este método de colecta que implica la interacción con expertos locales, constituye una alternativa práctica, puesto que ellos poseen amplios conocimientos ecogeográficos y culturales de la zona, saben elegir la mejor época de colecta y pueden recolectar durante la fructificación y en épocas posteriores.

Con la ejecución de la Fase I del proyecto IFAD-NUS, y luego con el proyecto SINARGEAA Granos Andinos, se ha consolidado la aplicación de esta metodología de *colecta descentralizada* y que funciona muy bien para la colecta de germoplasma de granos andinos. Este método de recolección se divide en dos partes importantes, pero previamente a su aplicación, se tiene que definir los sitios objetivos y haber identificado los actores que formarán parte del trabajo recolección:

1) Capacitación: Tiene dos fases que se explican a continuación:
   a) *Capacitación teórica:* la presentación se debe realizar de acuerdo al grupo objetivo (agricultores, estudiantes ó técnicos), los temas centrales están relacionados a las razones para colectar, riesgos asociados a la colecta, planificación técnica y planificación logística.

b) *Capacitación práctica:* se recomienda realizarla en una parcela cuyas plantas se encuentran en madurez fisiológica y con la ayuda de un recipiente que contenga semilla de granos andinos, considerados como fuentes principales de recolección, durante la misma y con el objeto de alcanzar una muestra representativa de la diversidad genética de granos andinos, se describe cómo aplicar una estrategia de muestreo (cuántas poblaciones muestrear, cuántas plantas en cada población, cómo seleccionar la plantas en cada población, qué tipo y cantidad de material tomar de cada planta), además de las principales características morfológicas de las plantas y usos de las poblaciones colectadas. Una vez concluida la capacitación, se organizan los grupos de recolección, recomendándose que cada grupo pueda estar conformado por 2 a 4 personas y siempre con un líder que esté a cargo del desplazamiento. En forma conjunta con los grupos, se organiza la lista de las zonas que se visitarán, la ruta que se seguirá y el cronograma y la duración de la misma.

2) Colecta propiamente dicha: Bajo el cronograma establecido, las personas capacitadas realizan visitas *in situ* a parcelas y almacenes de agricultores y aplican la estrategia de recolección de semillas para granos andinos. Las semillas colectadas junto a la información del formulario de recolección son entregados al banco de germoplasma cuyo personal técnico debe revisar la semilla y la información recibida, y posteriormente las nuevas poblaciones son asignadas con un número de accesión; previa verificación del tamaño de muestra y porcentaje de germinación, son incluidas a las colecciones de germoplasma correspondiente.

Formulario de recolección para granos andinos

Una contribución importante para la documentación manual de las colecciones de germoplasma de granos andinos fue la elaboración del primer Formulario de Recolección de Germoplasma de Granos Andinos (quinua, cañahua y amaranto). Este documento contiene espacios para registrar información de procedencia conocidos también como datos de pasaporte del germoplasma como: Nombre del agricultor, número de muestra, número de accesión, fecha de Colecta, fecha de asignación, grupo étnico que cultiva la muestra, nombre local de la muestra, genero, especie, país, departamento, provincia, municipio, cantón, comunidad, localización, latitud, longitud, altitud, tipo de muestra y sitio o fuente de recolección. También contiene espacios para información etnobotánica y morfológica de la muestra colectada como: Usos de la planta, color de inflorescencia, forma de inflorescencia, hábito de crecimiento y tipo de población muestreada (Figura 1).

BANCO NACIONAL DE GERMOPLASMA DE GRANOS ALTOANDINOS

FORMULARIO DE RECOLECCIÓN DE GERMOPLASMA

EXPEDICIÓN:

1. NOMBRE(S) DE COLECTOR(ES):
2. NOMBRE DEL AGRICULTOR:
3. NUMERO DE MUESTRA: 4. NUMERO DE ACCESION:
5. FECHA DE COLECTA (DD/MM/AAAA): 6. FECHA DE ASIGNACIÓN:
7. GENERO: 8. ESPECIE:
9. NOMBRE(S) LOCAL(ES):
10. GRUPO ETNICO:
11. PAIS: 12. DEPARTAMENTO:
13. PROVINCIA: 14. MUNICIPIO:
15. CANTON: 16. COMUNIDAD:
17. LOCALIZACIÓN: a Km., de en la dirección Norte / Sur / Este / Oeste
18. LAT (° ' ") N/S 19. LONG (° ' ") E/O 20. ALT (m.s.n.m.)
21. TIPO DE MUESTRA: 1. Silvestre 2. Maleza 3. Cultivar nativo
4. Línea mejorada 5. Cultivar avanzado (variedad) 6. Otros (especificar)
22. SITIO / FUENTE DE RECOLECCION

1. Hábitat:	2. Finca:	3. Mercado / feria:
Silvestre	Parcela de campo	Ciudad
Pradera	Huerto / jardín	Pueblo
Desierto	Bordura	Comunidad
Salar	Cultivo asociado	4. Instituto de investigación
	Almacén	5. Otro (especificar)

23. USOS DE LA PLANTA / PARTES

1. Alimento:	2. Medicinal:	3. Bebida:
Grano	Grano	Grano
Hoja	Hoja	Hoja
Tallo / ramas	Tallo / ramas	Tallo / ramas
Raíz	Raíz	Raíz
4. Artesanal:	**5. Forraje:**	**6. Ornamental:**
Grano	Grano	Grano
Hoja	Hoja	Hoja
Tallo / ramas	Tallo / ramas	Tallo / ramas
Raíz	Raíz	Raíz

7. Otro (especificar)

24. COLOR DE INFLORESCENCIA (PANOJA): 25. COLOR DE TALLO:
26. FORMA DE INFLORESCENCIA (PANOJA): 1. Glomerulada 2. Amarantiforme 3. Intermedia
27. HABITO DE CRECIMIENTO

Quinua:	1. Simple	2. Ramas cortas
	3. Ramas largas	4. Panoja principal no definida
Cañahua:	1. Saihua	2. Lasta 3. Rastrera
Otra especie (especificar):	1. Simple	2. Ramificada

28. POBLACIÓN DE MUESTREO: 1. Uniforme 2. Mezcla
29. NUMERO DE PLANTAS MUESTREADAS:
30. ¿SE TOMARON FOTOGRAFIAS? Si / No Cuantas:
31. OBSERVACIONES:

Figura 1. Formulario de recolección de germoplasma de granos andinos.

El formulario de la Figura 1 se elaboró con base en el Formulario de Recolección de Germoplasma descrito en el Anexo 5 del libro "Conservación *ex situ* de recursos fitogenéticos" publicado por el Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos IPGRI, actualmente Bioversity International (Jaramillo y Baena 2000). El formulario cuenta con la información mínima y necesaria sobre los datos de procedencia de las poblaciones colectadas y se incluyeron algunas variables ineludibles para el registro de la información morfológica y etnobotánica, que servirán para comparar las características cualitativas al momento de la caracterización y evaluación de las nuevas accesiones (Rojas 2002).

Aplicación técnica de la colecta de germoplasma de granos andinos

Fuentes de recolección

Se consideran como fuentes de recolección a aquellos sitios donde se puede obtener una muestra de germoplasma. Bajo esta consideración los campos y almacenes de agricultores se constituyen en las fuentes principales de recolección de los granos andinos porque ofrecen mayor seguridad en la muestra de semilla que se colecta, y en la información que se registra en el formulario con el apoyo de los mismos agricultores. Sin embargo, también se consideran como fuentes de recolección de material vegetal e información las ferias rurales, los mercados y los lugares de expendio, dependiendo del conocimiento sobre el origen de la muestra para su registro en el formulario de colecta. Finalmente, los hábitats silvestres también son considerados como fuente de recolección para el registro de poblaciones silvestres, aunque en el caso de la quinua y cañahua, también es posible encontrar poblaciones silvestres y semi-silvestres en las parcelas de los agricultores.

Estrategia de muestreo

El objetivo de una colecta es reunir en un grupo de accesiones una muestra representativa de la diversidad genética de un taxón. Para ello es necesario conocer bien la zona y la especie objetivo por lo cual hay que recopilar información sobre diversos aspectos como la topografía, la geología, el suelo, el clima y la vegetación de la zona. Adicionalmente, información sobre la distribución, la fenología, la biología reproductiva, la diversidad genética, el comportamiento en almacenamiento y la etnobotánica de la especie, es decir, el conocimiento sobre sus usos (Guarino *et al.* 2005).

Antes de identificar las zonas geográficas a intervenir se recomienda definir bien la razón ó razones para colectar el germoplasma. En el caso de las colectas de germoplasma de granos andinos realizadas en el proyecto IFAD-NUS, estas se efectuaron con el objeto de complementar colecciones *ex situ* existentes. Para ello y con la ayuda del programa DIVA-GIS, se elaboraron

mapas de distribución geográfica de las colecciones de germoplasma de quinua, cañahua y amaranto, los cuales permitieron identificar las localidades a intervenir.

El número de muestras a recolectar en una zona geográfica depende de la variabilidad genética existente en la misma. Respecto al número plantas a muestrear por cada población, esto depende de las características de la parcela de los agricultores, recomendándose muestrear por lo general las semillas de 50 plantas por población. Las plantas deben ser seleccionadas al azar (muestreo aleatorio) en el caso de que parcelas homogéneas, y seleccionar a intervalos pequeños (muestreo estratificado) en el caso de que los sitios presenten cambios frecuentes. En el caso de especies silvestres, el muestreo debe realizarse sin poner en riesgo la preservación natural de las poblaciones vegetales (Querol 1988).

En cuanto al tipo y cantidad de material a muestrear de cada planta, se recomienda en el caso de la quinua y el amaranto, muestrear a la altura media de la panoja principal con la ayuda de una tijera de podar. Se debe cortar en la parte basal del eje glomerular en quinua y amaranto, mientras que en cañahua se debe hacer a la altura media de la planta. Con el material colectado de las 50 plantas, se obtendrá suficiente cantidad de semilla que puede variar de 20 a 100 gramos dependiendo de la estructura de la planta. En el caso de la quinua, en promedio 4 gramos de semilla equivalen a aproximadamente 1000 semillas, mientras que en cañahua y amaranto en promedio 0.8 gramos de semilla equivalen a aproximadamente 1000 semillas. Por tanto, la cantidad en gramos recolectada está por encima del mínimo de 2500 a 5000 semillas que se recomienda para poblaciones autógamas y alógamas (Hawkes 1980), por lo que la semilla recolectada de granos andinos por accesión corresponde a muestras representativas.

Manipuleo de la muestra y documentación

En lo posible las muestras a colectar deben ser sanas, viables y frescas, por lo que es importante muestrear plantas maduras para que toleren la desecación sin perder su viabilidad. El contenido de humedad ideal de la muestra de semilla es 12%, sin embargo, en caso que la colecta se realice inmediatamente después de una lluvia, estas deben ser desecadas ó expuestas al sol durante el tiempo que dure la expedición.

Para cada muestra de germoplasma se tiene que llenar el formulario de recolección descrito en la Figura 1, variables que en su mayoría son proporcionadas por los agricultores a través de entrevistas informales, como los datos de procedencia, las características agromorfológicas y sus usos. Tanto la semilla recolectada como el formulario de recolección deben ser colocados en sobres de Manila identificando bien el nombre de la expedición y el número de muestra.

Colecta de germoplasma de granos andinos

El proyecto IFAD-NUS durante los años agrícolas 2001-2002 y 2002-2003 ha contribuido a incrementar la cantidad de accesiones de las colecciones de germoplasma de quinua, cañahua y amaranto. Se aplicó el método de *colecta descentralizada* para la recolección de germoplasma la quinua, cañahua y amaranto y se trabajo con las Unidades Académicas Campesinas de Tiahuanaco y Escoma de la Universidad Católica Boliviana (UCB), con la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés (UMSA), con el Centro de Educación Técnico Humanístico Agropecuario (CETHA), con la Carrera de Agronomía de la Universidad de Siglo XX y la ONG SUKA de Cochabamba. Por otro lado, el Centro de Investigaciones Fitoecogenéticas de Pairumani (CIFP) aplicó el método *colecta centralizada* para la recolección de amaranto.

Las áreas de intervención consideradas para la colecta de germoplasma de granos andinos comprendieron las provincias Ingavi, Manco Kapac, Juan Manuel Pando, Los Andes, Murillo, Camacho del departamento de La Paz; las provincias Cercado, Ladislao Cabrera, Pantaleón Dalence del departamento de Oruro; las provincias Antonio Quijarro, Rafael Bustillo, Bernardino Bilbao y Chayanta del departamento de Potosí, la provincia Oropeza de Chuquisaca, y las provincias Mizque y Campero de Cochabamba.

Colecta de quinua

En el año agrícola 2001-2002 se recolectaron un total de 107 accesiones de quinua (Cuadro 1) de las cuales 95 fueron quinuas cultivadas (*Chenopodium quinoa* Willd.) y colectadas de parcelas de campo, y 12 fueron quinuas silvestres (*Chenopodium* sp.) y colectadas en hábitats naturales (Rojas 2002).

Para adquirir esta cantidad de accesiones se conformaron 14 grupos de colecta que visitaron 31 comunidades situadas en 8 provincias de los departamentos de La Paz, Oruro y Potosí. De La Paz se colectaron 102 accesiones de quinua de 28 comunidades, 18 de las cuales están ubicadas en la provincia Ingavi, 4 en la provincia Manco Kapac, 1 en la provincia Juan Manuel Pando y 3 en la provincia Los Andes. De Oruro se colectaron 4 accesiones de quinua de 2 comunidades situadas en las provincias Cercado y Ladislao Cabrera. Asimismo, se recolectó una accesión de quinua silvestre de la comunidad Chacala de la provincia Quijarro de Potosí.

En el año agrícola 2002-2003 se recolectaron un total de 113 accesiones de quinua (Cuadro 2), de las cuales 102 accesiones fueron quinuas cultivadas (*Chenopodium quinoa* Willd.) y colectadas de parcelas de campo y 11 accesiones fueron quinuas silvestres (*Chenopodium* sp.) y colectadas en hábitats naturales. Para obtener esta cantidad de accesiones se conformaron 28 grupos de colecta los cuales visitaron 28 comunidades del departamento de La Paz, 3 comunidades del departamento de Oruro y 10 comunidades del departamento de Potosí.

Cuadro 1. Cantidad y detalle de la procedencia de las accesiones de quinua colectadas durante la campaña agrícola (2001-2002).

Departamento	Provincia	Comunidad	No. de accesiones colectadas
Chenopodium quinoa			
La Paz	Ingavi	Achaca	4
		Titicani Tacaca	4
		Corpa	10
		Machaca	3
		Tilata	1
		Lak'huri	3
		Huacullani	4
		Kasa Achuta	4
		Huancollo	7
		Achuta Grande	7
		Guaraya	21
		Yanarico	6
		Pillopi	1
		Patarani	1
		Yanamani	3
		Copajira	1
		Sullcata	1
		Belen Pituta	2
	Manco Kapac	Bajo Kusijata	1
		Jisk'a Kusijata	2
		Chani	2
		Luq'a	3
	J M Pando	Willque	5
	Los Andes	Achachicala	1
		Chiluyu	1
		Rosa Pata	1
	Murillo	Aranjuez	1
		Mallasa	2
Oruro	Cercado	Lacapucara	2
	L. Cabrera	Vinto	2
Chenopodium sp.			
Potosí	A. Quijarro	Chacala	1
Total			107

De La Paz se recolectaron un total de 88 accesiones, 87 de ellas de la provincia Camacho y una accesión de la provincia Los Andes. De Oruro se recolectaron ocho accesiones de la provincia Dalence. De Potosí se recolectaron 17 accesiones, 14 de la provincia Bustillos, dos accesiones de la provincia Bilbao y una accesión de la provincia Chayanta (Rojas *et al.* 2003).

Cuadro 2. Cantidad y detalle de procedencia de accesiones de quinua colectadas durante el año agrícola (2002-2003).

Departamento	Provincia	Comunidad	Número de accesiones
Chenopodium quinoa			
La Paz	Camacho	Challapata Belén	5
		Huayrapata	1
		Challapata Grande	3
		Anaco	4
		Pusani	3
		Calangachi	5
		Toconjori	3
		Carabuco	1
		Quillihuyo	6
		Tirajahua	5
		S.J. de Tiahuanacu	2
		Tomoco	1
		Tajani	1
		Cajcachi	1
		Pichari	5
		Tanavacas	3
		Querajatha	4
		Ullachapi	1
		Wilacala	8
		Yuca	7
		Taypiayla	3
		Morokarka	1
		Ticata	4
		Cacallinca	1
		Pampajasi	1

		Wilajaya	1
		Ollajsantía	1
	Los Andes	Suriquina Aynoka	1
Oruro	P. Dalence	Carbuyo	2
		Viluyo	1
		Sajsani	3
Potosí	R. Bustillo	Chayanta	2
		Cerro Colorado	3
		Miquiri	2
		Chullpa	1
		Pista pampa	2
		Ururuma alta	1
		Quintopampa	1
	Chayanta	Pucuchata	1
	B. Bilbao	Niño kollu	1
		Tuquiza	1
Chenopodium sp.			
La Paz	Camacho	Challapata Belén	1
		Challapata Grande	1
		Calangachi	1
		Quillihuyo	1
		Tirajahua	2
		Tanavacas	1
Oruro	P. Dalence	Carbuyo	2
Potosí	R. Bustillo	Chayanta	1
		Quintopampa	1
Total			113

El Proyecto IFAD-NUS ha contribuido con la recolección de 220 nuevas accesiones de quinua procedentes de diferentes sitios del altiplano de Bolivia. La incorporación de estas accesiones a la colección boliviana de quinua se realizó en diciembre de 2003, y con ello se ha incrementado la variabilidad genética de la colección de germoplasma a 2949 accesiones.

Colecta de cañahua

En el año agrícola 2001-2002 se colectaron un total de 59 accesiones de cañahua (Cuadro 3) procedentes de 22 comunidades de la provincia Ingavi de La Paz (Figura 2), 10 proceden de la comunidad Achaca, seis de San

Pedro y San Pablo, cinco de Erbenkalla, cinco de Kanapata, cuatro de Achuta Grande, tres de Titicani Tacaca, tres de Purina Arriba, tres de Kasa Achuta y entre una a dos accesiones por comunidad de las restantes 14 comunidades.

Cuadro 3. Cantidad y detalle de procedencia de accesiones de cañahua colectadas durante el año agrícola (2001-2002)

Departamento	Provincia	Comunidad	Número de accesiones colectadas
La Paz	Ingavi	Titicani Tacaca	3
		Purino Arriba	3
		Tana	1
		Jancohaque Abajo	2
		S. Pedro y S. Pablo	6
		Erben Kalla	5
		Canchacollo	2
		Khanapata	5
		Rosa Pata	2
		Choque	2
		Chuncarcota	2
		Achaca	10
		Huaculli	1
		Kasa Achuta	3
		Achuta Grande	4
		Pillapi	1
		Pircuta	1
		Patarani	1
		Corpa	1
		Taraco	1
		Belen Pituta	1
		Sullcata	2
Total			59

Figura 2. Colecta de cañahua en la parcela de un agricultor en Jesús de Machaca-Ingavi, La Paz.

En el año agrícola 2002-2003, se recolectaron un total de 24 accesiones de cañahua (Cuadro 4), 17 provienen de la provincia Camacho y 6 accesiones de la provincia Ingavi, ambas provincias del departamento de La Paz y, una accesión de la provincia Pantaleón Dalence de Oruro (Rojas *et al.* 2003).

Cuadro 4. Cantidad y detalle de procedencia de accesiones de cañahua colectadas durante el año agrícola (2002-2003).

Departamento	Provincia	Comunidad	Número de accesiones colectadas
La Paz	Camacho	Iñita Grande	1
		Amparan	1
		Quillihuyo	5
		Quesihuyo	1
		Cala Cala	1
		Tikata	3
		Yuca	1
		Wilacala	1
		Cacallinca	1
		Carani	1
		Jichuire	1
	Ingavi	Aguallamaya	4
		Achaca	2
Oruro	P. Dalence	Carbuyo	1
Total			24

Con la recolección de cañahua en dos campañas agrícolas consecutivas (2001-2002 y 2002-2003) el proyecto IFAD-NUS ha contribuido a incrementar la variabilidad genética de la colección boliviana de germoplasma de cañahua a 567 accesiones con la incorporación de 83 nuevas accesiones.

Colecta de amaranto

En el año agrícola 2001-2002, el Centro de Investigación Fitoecogenética de Pirumani (CIFP) en el marco del proyecto IFAD-NUS, organizó y realizó un viaje de exploración y colecta de germoplasma de amaranto (Figura 3), aplicando el método de *colecta centralizada.* Como resultado de esta actividad se colectaron 43 accesiones de amaranto, 41 procedentes de comunidades de Chuquisaca y dos de comunidades de Potosí. Las parcelas de amaranto estuvieron situadas en un rango altitudinal de 2390 a 3240 m.s.n.m., en comunidades situadas en los valles interandinos cercanos a la ciudad de Sucre del departamento de Chuquisaca y de la ciudad de Potosí. Los usos que los agricultores dan a esta especie son medicinales y alimenticios, para elaborar tostado, pito y harina que se utiliza en sopa o pan (Guzmán 2002).

Figura 3. Ecotipos de amaranto recolectados en el departamento de Chuquisaca - CIFP.

Las accesiones de amaranto fueron recolectadas en pequeñas parcelas de cultivos asociados generalmente con maíz, quinua, haba, arveja, cucúrbitas y girasol, y en algunos casos se encontró en asociación con tarwi, cebada o alfalfa. Los nombres locales que utilizan para el amaranto son: *cuimi* o *coimi* y *akara* (cuando la semilla es negra). El color de la inflorescencia varió entre el verde, amarillo, rosado, rojo, rojo-morado y morado. Los colores de semilla también fueron distintos variando desde blanco, crema, rosado o negro. Para las condiciones de los valles interandinos de Chuquisaca y Potosí la siembra de amaranto generalmente se realiza en noviembre y la cosecha en mayo. Las 43 accesiones de amaranto fueron incorporadas a la colección de germoplasma de amaranto que conserva el CIFP.

En el año agrícola 2002-2003, la ONG-SUKA como institución socia del proyecto IFAD-NUS y en coordinación con el Banco de Germoplasma de Granos Andinos llevó a cabo una colecta de germoplasma de amaranto aplicando el método de *colecta descentralizada*. Producto de ello se colectaron 25 accesiones de amaranto procedentes de nueve comunidades de la provincia Mizque y de siete comunidades de la provincia Campero, ambas provincias del departamento de Cochabamba (Cuadro 5). Con estas 25 accesiones se inició la implementación de la colección de germoplasma de amaranto que forma parte del Banco de Germoplasma de Granos Andinos.

Cuadro 5. Cantidad y detalle de procedencia de accesiones de amaranto, colectadas durante el año agrícola 2002-2003.

Departamento	Provincia	Lugar	Número de accesiones colectadas
Cochabamba	Mizque	Mizque	6
		Huanuma	3
		Molle Aguada	2
		Karoma	1
		Tipa Kasa	1
		Duraznillo	2
		Lampasillos	1
		Mojani	2
		Tintin Lama Chaqui	1
	Campero	Ayquile	1
		Pampas	1
		Calamina	1
		Hio	1
		Chaupiloma	1
		Rumi Corral	1
		Callejones	1
Total			25

Bibliografía

Guarino L, Ramanatha Rao V, Reid R (eds.). 1995. Collecting plant genetic diversity. Technical Guidelines. CAB International, Wallingford, Reino Unido, a nombre del Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI) y en colaboración con la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), la Unión para la Conservación Mundial (IUCN) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Unidad 8.1.1. Introducción a la colecta de germoplasma; Unidad 8.2.1. Planificación de una colecta de germoplasma.

Guzmán L. 2002. Recolección de germoplasma de amaranto. En: Informe Técnico Anual 2001 - 2002. Año 1. Proyecto "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". IPGRI - IFAD, Fundación PROINPA. La Paz, Bolivia. pp. 10-12.

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

Hawkes JG. 1980. Crop genetic resources field collection manual. IBPGR and EUCARPIA. University of Birmingham. England.

Querol D. 1988. Recursos genéticos, nuestro tesoro olvidado: aproximación técnica y socio-económica. Lima, Perú. Industrial Gráfica S.A. 218 p.

Rojas W. 2002. Recolección de germoplasma de cañahua y quinua. En: Informe Técnico Anual 2001 - 2002. Año 1. Proyecto "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". IPGRI - IFAD, Fundación PROINPA. La Paz, Bolivia. pp. 13-21.

Rojas W, Pinto M, Camargo A. 2003. Recolección descentralizada de germoplasma de cañahua y quinua. En: Informe Técnico Anual 2002 - 2003. Año 2. Proyecto "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". IPGRI - IFAD, Fundación PROINPA. La Paz, Bolivia. pp. 9-18.

Sevilla R, Holle M. 2004. Recursos Genéticos Vegetales. Lima, Perú. 113 p.

VI. Colección núcleo de granos andinos

Wilfredo Rojas
Ing. Agr., M.Sc. Coordinador Regional Altiplano, Fundación PROINPA,
E-mail: w.rojas@proinpa.org

Para facilitar el manejo e incrementar la utilización del germoplasma de granos andinos, los bancos de germoplasma conforman colecciones núcleo donde reúnen la mayor variabilidad genética de una especie de la colección en un subconjunto de 10-15% del total de accesiones conservadas.

Los bancos de germoplasma del mundo contienen colecciones de recursos genéticos presentes en las especies cultivadas, para conservación a largo plazo y para facilitar que los fitomejoradores, investigadores y otros usuarios accedan a ellos con facilidad. En los últimos 25 años se han dado enormes progresos en la colecta y conservación de estos recursos, tanto así que muchos bancos de germoplasma vegetal enfrentan hoy grandes problemas de tamaño y organización. Algunas colecciones han crecido tanto que resulta difícil conservar y usar la diversidad genética que contienen, yendo así en contra de los objetivos para los cuales se establecieron (van Hintum *et al.* 2003).

Cuando Frankel (1984) citado por van Hintum *et al.* (2003) comprendió que el gran tamaño de algunas colecciones podría desalentar el uso, propuso establecer una colección limitada o "núcleo" a partir de una colección existente. Desde esta propuesta inicial, ha aparecido gran cantidad de bibliografía en relación a la teoría y a la práctica de las colecciones núcleo, y en ella se encuentran muchos ejemplos de este enfoque. Las colecciones núcleo no reemplazan a las colecciones totales y han sido aceptadas como herramientas eficaces para mejorar la conservación y el uso de las colecciones de recursos genéticos (van Hintum *et al.* 2003).

El Plan de Acción Mundial para la Conservación y Utilización Sostenible de los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (FAO 1996) recomienda el establecimiento de colecciones núcleo como una actividad necesaria para mejorar el uso de los recursos fitogenéticos. En consideración a lo indicado, el proyecto IFAD-NUS ha contribuido en la implementación de las colecciones núcleo en las colecciones de germoplasma de quinua y cañahua, debido al número de accesiones que se conservan en el Banco Nacional de Germoplasma de Granos Altoandinos (BNGA) y que

son consideradas como una de las más importantes a nivel regional y mundial.

La utilización de los recursos fitogenéticos sólo es posible si se conocen las características y el comportamiento de las accesiones de la colección de germoplasma, y si la variabilidad genética que se maneja es amplia, es posible facilitar la utilización a través de colecciones núcleo. En estas se reúne la mayor variabilidad genética posible de la colección de germoplasma (70-80%) en un subconjunto de accesiones que represente entre el 10 y 15% del total de accesiones que componen la colección del germoplasma.

Colección núcleo del germoplasma de quinua

La colección nacional de germoplasma de quinua fue caracterizada y evaluada a través de sus caracteres agromorfológicos durante cuatro años agrícolas. Con la información generada se publicó el primer catálogo de la colección de quinua (Rojas *et al.* 2001) y ha servido de base para conformar la colección núcleo, trabajo realizado con el apoyo del proyecto McKnight.

Para el análisis se consideran 18 variables cuantitativas: botón floral (BF), inicio de floración (IF), 50% de floración ($F_{50\%}$), madurez fisiológica (MF), longitud de la hoja (LH), ancho de la hoja (AH), número de dientes en las hojas (NDI), número de ramas (NR), diámetro de tallo (DT), longitud de la panoja (LP), diámetro de la panoja (DP), altura de planta (AP), diámetro del grano (DG), espesor del grano (EG), peso de 100 granos (P100), contenido de saponina (CS), rendimiento por planta (REN) e índice de cosecha (IC).

Del total de accesiones que conforman la colección de germoplasma, se excluyeron las *accesiones mezclas* (pertenecientes a poblaciones androestériles) y las *accesiones vacías*, incluyendo un total de 2514 accesiones. Por tanto, la Matríz Básica de Datos (MBD) inicial quedo estructurada por 2514 accesiones y 18 variables cuantitativas (2514 x 18).

Se aplicaron los siguientes análisis estadísticos: componentes principales, discriminante múltiple, conglomerados, coeficiente de correlación y parámetros descriptivos (Crisci y Lopez 1983; Dillon y Goldstein 1984; Pla 1986; Hair *et al.* 1992).

Análisis de Componentes Principales

Los resultados del análisis de componentes principales reportan a los cuatro primeros componentes como significativos (Kaiser 1960), que en conjunto explican más del 71% de la varianza (Cuadro 1). Según los coeficientes del mismo cuadro, se observa que las variables fenológicas fueron las que más aportaron en forma positiva, junto con la altura de planta y el diámetro de tallo, mientras que en forma negativa, aunque en menor grado, lo hicieron las variables de grano.

Por tanto el primer componente principal ha identificado a aquellas accesiones de ciclos fenológicos tardíos con plantas altas y de tallos gruesos, y que a su vez tienden a desarrollar granos pequeños, de aquellas con características inversas. El segundo componente principal aportó con más del 18% de la varianza, siendo caracterizado por las variables: tamaño de la panoja, diámetro de tallo y altura de planta, además del rendimiento y el índice de cosecha. Por su parte, el tercer componente aportó con más del 15% de la varianza y ha identificado a las características del granos como las variables de mayor variación y que más aportan a este componente (Cuadro 1).

Cuadro 1. Valores propios y correlación asociada a los primeros cuatro componentes principales

Componentes	1º	2º	3º	4º
Valor propio	4,76	3,27	2,74	2,01
Porcentaje de la varianza	26,44	18,18	15,22	11,19
Variables	Coeficientes de correlación			
Botón Floral (días) (BF)	0,50	-0,60	0,26	0,15
Inicio de floración (días) (IF)	0,78	-0,46	0,17	0,22
50% de floración (días) (F50%)	0,81	-0,42	0,15	0,23
Madurez fisiológica (días) (MF)	0,85	-0,03	-0,14	0,11
Longitud de hoja (cm) (LH)	0,32	0,17	0,36	-0,75
Ancho de hoja (cm) (AH)	0,33	0,01	0,41	-0,78
Número de dientes hojas (Nº) (NDI)	0,30	-0,29	0,51	-0,48
Número de ramas (Nº) (NR)	0,48	-0,01	0,37	0,38
Diámetro de tallo (mm) (DT)	0,69	0,58	0,03	0,06
Longitud de panoja (cm) (LP)	0,40	0,76	-0,15	0,04
Diámetro de panoja (cm) (DP)	0,40	0,61	0,08	0,14
Altura de planta (cm) (AP)	0,73	0,50	0,04	-0.02
Diámetro de grano (mm) (DG)	-0,35	0,15	0,84	0,26
Espesor de grano (mm) (EG)	-0,41	0,40	0,65	0,12
Peso de 100 granos (g) (P100)	-0,40	0,13	0,83	0,22
Contenido de saponina (CS)	-0,11	-0,39	0,25	0,29
Rendimiento grano (g / planta) (REN)	0,27	0,56	0,09	0,29
Índice de cosecha (%) (IC)	-0,36	0,48	-0,09	-0,04

Debido al aporte significativo que tienen los dos primeros componentes principales a la varianza, se ha graficado la distribución espacial de cada una de las accesiones sobre el primer y segundo componente principal (Figura 1). El análisis de la figura permite visualizar la amplia variabilidad de quinuas que componen la colección de germoplasma. Si se observa la ubicación de las accesiones sobre el primer componente principal, se puede advertir la amplia variabilidad en el ciclo fenológico, mientras que la variabilidad respecto al segundo componente permite advertir la variabilidad en arquitectura de plantas.

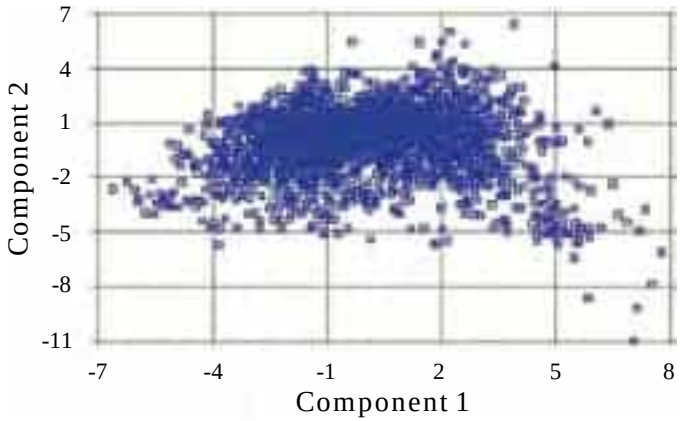


Figura 1. Representación espacial de la colección de germoplasma de quinua sobre el primer y segundo componente principal

La interpretación inicial de la Figura 1, ha permitido inferir la presencia de 6 a 7 grupos diferentes de quinua, situación que ha podido ser dilucidada con la aplicación de la técnica no jerárquica del análisis de conglomerados y el análisis discriminante múltiple (Pérez-López 2001).

Análisis discriminante múltiple

Con la aplicación del análisis discriminante múltiple se determinó que en la colección de germoplasma existen seis grupos de quinua con diversidad genética diferente (Figura 2), sobre un total de 2514 accesiones analizadas.

Es importante indicar que en el primer análisis de variabilidad genética aplicado a la colección de germoplasma sobre un total de 1512 accesiones y sobre 15 variables cuantitativas, se identificaron siete grupos (Rojas 1998), en donde la variabilidad genética de las quinuas circundantes al lago Titicaca conformaba dos grupos diferentes. Los resultados del presente estudio

complementan otros estudios ayudando a esclarecer los subcentros de variabilidad genética de quinua que se tienen en la región.

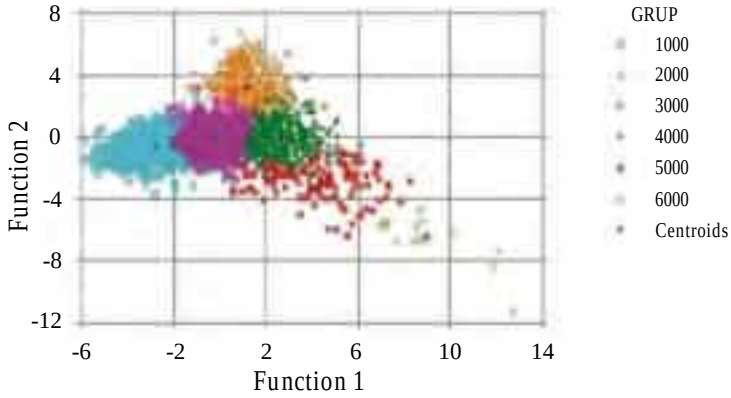


Figura 2. Distribución espacial de seis grupos determinados en la colección de germoplasma de quinua.

Una vez identificadas las accesiones que conforman cada uno de los grupos, se procedió a efectuar nuevamente el análisis de patrones de variación y de clasificación por grupo separado, en donde se han identificado subgrupos cuyas accesiones más disímiles han sido seleccionadas de acuerdo al método proporcional (Brown 1989) para conformar la colección núcleo (Cuadro 2).

Cuadro 2. Número de accesiones que aporta cada grupo a la colección núcleo de quinua.

Grupos	Colección total	Colección núcleo
1	767	80
2	352	38
3	808	84
4	454	48
5	116	14
6	17	3
Total	2514	267

Según el Cuadro 2, el primer grupo aportó con 80 accesiones a la colección núcleo, el grupo dos con 38 accesiones, el grupo tres con 84 accesiones, el grupo cuatro con 48 accesiones, el grupo cinco con 14 accesiones

y el grupo seis con tres accesiones, siendo un total de 267 accesiones las que conforman la colección núcleo. Uno de los requisitos para considerar a la colección núcleo como válida, es que las accesiones que lo conforman deben representar entre el 10 y 15% del total de accesiones que componen la colección germoplasma. En este caso, como el análisis se hizo sobre 2514 accesiones, las 267 accesiones identificadas representan al 10,6%.

El detalle de la procedencia de las accesiones que conforman la colección núcleo se presenta en el Cuadro 3; en el mismo se puede observar que 200 accesiones son de Bolivia, en donde hay un mayor aporte de los departamentos de La Paz, Oruro y Potosí, respecto a Cochabamba y Chuquisaca; 48 accesiones son de Perú con un aporte significativo del departamento de Puno; seis accesiones son del norte de Argentina, una accesión de Ecuador y una accesión procedente de Europa, material que fue incorporado de la prueba mundial de quinua a través del proyecto CIP-DANIDA; también conforman la colección núcleo nueve accesiones incorporadas por la OEA, quienes financiaron la colecta de quinua en Bolivia y Perú, pero cuyos datos de pasaporte no se disponen, al igual que otras dos accesiones que figuran como no identificadas.

Cuadro 3. Detalle de procedencia de las accesiones que conforman la colección núcleo de quinua.

País de procedencia	Departamento o región	Número de accesiones	Subtotal
Bolivia	La Paz	66	200
	Oruro	59	
	Potosí	47	
	Cochabamba	16	
	Chuquisaca	12	
Perú	Junín	1	48
	Ayacucho	1	
	Cusco	5	
	Puno	41	
Argentina	Norte	6	6
Ecuador	Centro	1	1
Europa		1	1
OEA		9	9
No Identificado		2	2
Total			267

Comparación de análisis de correlación

Una comparación de la variabilidad genética entre la colección total del germoplasma y su subconjunto representativo o 'colección núcleo', revela que la estrategia de muestreo que se siguió para conformar la colección núcleo del germoplasma de quinua fue apropiada. Las correlaciones más importantes entre las variables cuantitativas observadas en la colección total de germoplasma que están bajo el control de diversos genes complejos, también fueron conservadas por la colección núcleo, lo que demuestra la representatividad de la variabilidad genética (Cuadro 4).

Para interpretar las matrices de correlación (Cuadro 4), se consideró como asociaciones lineales que representan a patrones naturales de variación a los coeficientes superiores a 0,30. Las correlaciones más significativas en ambos casos fueron: entre las variables fenológicas se destaca el botón floral (BF), inicio de floración (IF), 50% de floración ($F_{50\%}$) y la madurez fisiológica (MF); asimismo, se destaca la madurez fisiológica (MF) con el diámetro de tallo (DT) y altura de planta (AP); entre las variables de arquitectura de planta se advierte una alta correlación entre la altura de planta (AP) con el diámetro del tallo (DT), longitud de panoja (LP) y diámetro de panoja (DP); entre las variables de grano se destacan las correlaciones que forman el diámetro del grano (DG), espesor del grano (EG) y peso de 100 granos (P100); por su parte, el índice de cosecha (IC) correlaciona en forma negativa con las variables fenológicas.

Parámetros estadísticos descriptivos

Con el propósito de observar el comportamiento de la colección total de germoplasma versus la colección núcleo con respecto a estos parámetros estadísticos y a cada variable considerada, se presenta el Cuadro 5 donde se puede evidenciar la alta similitud en la información entre ambos grupos de datos, en donde para efectos estadísticos se calculó la correlación para los 5 parámetros descriptivos, la cual fluctuó entre r=0,975 y r=1.

En conclusión, la colección núcleo del germoplasma de quinua esta conformado por 267 accesiones y el material seleccionado representa el 10,6% de la colección total del germoplasma de quinua. Las correlaciones más importantes entre las variables cuantitativas de la colección total del germoplasma fueron conservadas por la colección núcleo, lo que demuestra la representatividad de la variabilidad genética.

Cuadro 4. Coeficientes de correlación (r) entre variables cuantitativas en la colección total (arriba de la diagonal) y en la colección núcleo (debajo de la diagonal) de quinua.

Variables	BF	IF	$F_{50\%}$	MF	LH	AH	NDI	NR	DT	LP	DP	AP	DG	EG	P100	CS	REN	IC
BF		0,76	0,74	0,42	0,07	0,15	0,30	0,26	-0,02	-0,27	-0,13	0,04	-0,01	-0,22	-0,01	0,15	-0,05	-0,35
IF	0,82		0,96	0,68	0,09	0,16	0,31	0,44	0,26	-0,03	0,05	0,31	-0,13	-0,32	-0,16	0,12	0,05	-0,44
$F_{50\%}$	0,79	0,97		0,71	0,08	0,14	0,29	0,48	0,31	-0,01	0,08	0,35	-0,15	-0,35	-0,20	0,12	0,07	-0,40
MF	0,42	0,66	0,68		0,15	0,13	0,11	0,28	0,52	0,39	0,22	0,60	-0,36	-0,35	-0,39	-0,10	0,23	-0,28
LH	0,07	0,03	0,04	0,07		0,83	0,43	0,03	0,27	0,15	0,12	0,30	0,02	0,04	0,02	-0,17	0,06	0,04
AH	0,20	0,14	0,14	0,09	0,84		0,59	0,03	0,18	0,03	0,09	0,23	0,02	-0,01	0,03	-0,09	-0,01	-0,10
NDI	0,23	0,21	0,19	0,03	0,50	0,64		0,16	0,05	-0,19	-0,03	0,11	0,11	0,01	0,11	0,12	-0,12	-0,27
NR	0,24	0,42	0,47	0,27	0,10	0,13	0,24		0,37	0,05	0,30	0,33	0,19	-0,01	0,11	0,11	0,21	-0,22
DT	-0,04	0,26	0,29	0,46	0,29	0,24	0,10	0,42		0,63	0,63	0,81	-0,10	-0,04	-0,19	-0,20	0,43	0,01
LP	-0,31	-0,04	-0,02	0,36	0,09	-0,03	-0,17	0,12	0,66		0,49	0,70	-0,12	0,10	-0,13	-0,34	0,46	0,15
DP	-0,18	0,03	0,06	0,23	0,22	0,18	0,05	0,36	0,72	0,54		0,48	0,04	0,05	-0,01	-0,16	0,44	0,05
AP	-0,07	0,24	0,27	0,52	0,26	0,23	0,16	0,39	0,85	0,76	0,61		-0,12	-0,04	-0,19	-0,22	0,33	-0,12
DG	0,01	-0,10	-0,13	-0,33	0,09	0,09	0,16	0,23	0,01	-006	0,08	-0,02		0,75	0,93	0,21	0,07	0,09
EG	-0,24	-0,33	-0,35	-0,32	0,09	0,05	0,10	0,05	0,06	0,14	0,13	0,09	0,77		0,76	-0,04	0,11	0,23
P100	-0,02	-0,16	-0,21	-0,36	0,10	0,10	0,18	0,15	-0,07	-0,09	0,04	-0,09	0,92	0,79		0,19	0,08	0,11
CS	0,23	0,16	0,16	-0,13	-0,16	-0,08	0,03	0,14	-0,23	-0,41	-0,22	-0,29	0,20	-0,01	0,18		-0,03	-0,15
REN	-0,03	0,03	0,02	0,16	0,10	0,01	-0,07	0,17	0,34	0,37	0,36	0,29	0,14	0,15	0,17	0,04		0,30
IC	-0,40	-0,51	-0,48	-0,32	0,05	-0,08	-0,22	-0,24	-0,03	0,17	0,10	-0,06	0,14	0,29	0,17	-0,12	0,35	
Variables	BF	IF	$F_{50\%}$	MF	LH	AH	NDI	NR	DT	LP	DP	AP	DG	EG	P100	CS	REN	IC

Cuadro 5. Parámetros estadísticos de tendencia central y de dispersión para 18 variables cuantitativas en la colección total y en la colección núcleo del germoplasma de quinua.

Variables	Colección total (2514 accesiones)					Colección núcleo (267 accesiones)				
	Min	Max	Media	DS[1]	CV[2]	Min	Max	Media	DS[1]	CV[2]
BF	30	126	51,93	7,79	15,0	30	126	52,82	10,07	19,1
IF	45	156	77,5	12,59	16,2	45	156	78,01	15,36	19,7
$F_{50\%}$	57	177	90,02	15,14	16,8	57	177	91,27	18,2	19,9
MF	103	209	167,82	24,84	14,8	103	209	167,43	26,72	16
LH	2	10,88	7,14	1,46	20,4	2,06	10,86	6,88	1,59	23,1
AH	1,4	10,98	5,94	1,72	28,9	1,62	9,98	5,69	1,81	31,8
NDI	2,82	46,8	13,25	5,48	41,3	2,82	46,8	12,83	5,63	43,9
NR	0,01	42,2	19,87	7,47	37,6	0,01	40,2	19,94	7,56	37,9
DT	4,1	27,4	15,9	3,55	22,3	4,8	27	16,1	4,28	26,6
LP	4,2	62,8	34,77	9,44	27,2	6,6	59,8	34,82	10,76	30,9
DP	2,54	19,42	6,63	1,8	27,2	2,54	14,46	6,78	2,03	29,9
AP	22,8	184,4	103,66	22,48	21,7	22,8	184,4	102,95	26,95	26,2
DG	1,14	2,7	2	0,27	13,5	1,3	2,59	1,99	0,28	14,1
EG	0,72	1,74	1,15	0,13	10,9	0,72	1,73	1,14	0,13	11,7
P100	0,08	0,67	0,29	0,1	35,6	0,08	0,65	0,29	0,11	37,7
CS	0,01	13,41	5,93	3,95	66,6	0,01	11,95	6,26	3,66	58,5
REN	1,5	301	49,27	29,84	60,6	1,5	301	52,04	36,79	70,7
IC	0,03	0,78	0,39	0,12	31,1	0,03	0,74	0,39	0,12	31,2

1 = Desviación estándar; 2 = Coeficiente de variación

Colección núcleo del germoplasma de cañahua

La matriz básica de datos (MBD) fue estructurada con base en 499 accesiones de cañahua y 20 variables cuantitativas (499 x 20). Las variables cuantitativas fueron: emergencia de plántulas (EM), inicio de floración (IF), 50% de floración ($F_{50\%}$), fin de floración (FF), grano lechoso (GL), grano pastoso (GP), madurez fisiológica (MF), longitud de la hoja (LH), ancho de la hoja (AH), longitud del peciolo (LPE), número de dientes en las hojas (ND), número de ramas (NR), diámetro de tallo (DT), altura de planta (AP), diámetro de cobertura foliar (DCF), diámetro del grano (DG), peso de 1000 granos (P1000), rendimiento de broza (RB), rendimiento de grano (RG) e índice de cosecha (IC).

Los análisis estadísticos empleados fueron los mismos que se aplicaron para la colección núcleo de quinua. Sin embargo, primero fue necesario estudiar los patrones de variación e identificar grupos de diferente variabilidad genética del germoplasma de cañahua, y para conformar la colección núcleo se siguió el procedimiento basado en el tamaño de grupo y método proporcional (Brown 1989).

Análisis de Componentes Principales

La transformación lineal que realizó este método permitió generar un nuevo conjunto de 20 variables independientes conocidas también como componentes principales, que expresan sus resultados en valores y vectores propios (Rojas 2003). Se aplicó el criterio establecido por Kaiser (1960) para seleccionar los cinco primeros componentes como significativos que en conjunto explican más del 75% de varianza (Cuadro 6).

El primer componente principal contribuyó con más del 29% de la varianza, y según los coeficientes, se observa que las variables fenológicas, a excepción de la emergencia de plántulas, fueron las que más aportaron en forma positiva, junto con las variables de hoja, mientras que en forma negativa lo hicieron las variables número de ramas y diámetro de cobertura foliar. Por tanto, el primer componente principal ha identificado a aquellas accesiones de ciclos fenológicos tardíos, con hojas grandes, y que a su vez tienden a desarrollar menor número de ramas y menor diámetro de cobertura foliar, de aquellas con características inversas.

El segundo componente principal aportó con más del 19% de la varianza, y las variables que más contribuyeron en forma positiva fueron la altura de planta, longitud y ancho de hoja, longitud del peciolo, número de ramas, diámetro de tallo y los rendimientos de broza y grano, destacándose también en forma secundaria el diámetro de grano y peso de 1000 granos. Por tanto, este componente caracterizó las accesiones que desarrollaron mayor altura, hojas grandes, tallos gruesos y mayor rendimiento de grano y broza.

Cuadro 6. Valores propios y correlación asociada a los primeros cinco componentes principales.

Componentes	1º	2º	3º	4º	5º
Valor propio	5.999	3.875	2.307	1.754	1.127
Porcentaje de la varianza	29.996	19.375	11.536	8.770	5.637
Variables cuantitativas	Coeficientes de correlación				
Emergencia de plántulas (días)	0.232	-0.079	0.372	-0.367	-0.317
Inicio de floración (días)	0.893	-0.125	0.261	0.000	-0.048
50% de floración (días)	0.916	-0.110	0.249	0.000	-0.039
Fin de floración (días)	0.926	-0.062	0.231	0.042	-0.016
Grano lechoso (días)	0.917	-0.128	0.236	0.042	0.017
Grano pastoso (días)	0.889	-0.183	0.241	0.077	0.028
Madurez fisiológica (días)	0.666	0.317	0.033	0.213	0.180
Longitud de la hoja (cm)	0.493	0.703	-0.229	-0.081	-0.191
Ancho de la hoja (cm)	0.534	0.665	-0.283	-0.098	-0.210
Longitud del peciolo (cm)	0.432	0.523	-0.366	-0.301	0.001
Número de dientes (cm)	0.178	0.138	-0.389	-0.380	0.117
Número de ramas (Nº)	-0.456	0.515	0.047	0.113	0.016
Altura de planta (cm)	0.120	0.800	-0.358	0.005	0.100
Diámetro cobertura foliar (cm)	-0.416	-0.169	0.619	-0.364	-0.073
Diámetro de tallo (mm)	-0.169	0.622	0.266	-0.357	0.070
Diámetro de grano (mm)	-0.263	0.443	0.295	0.540	-0.410
Peso de 1000 granos (g)	-0.165	0.486	0.254	0.612	-0.329
Rendimiento de broza (g / planta)	-0.250	0.550	0.563	-0.401	-0.011
Rendimiento de grano (g / planta)	-0.186	0.598	0.612	-0.093	0.389
Índice de cosecha	0.114	0.212	0.156	0.453	0.668

El tercer componente aportó con más del 11% de la varianza y ha identificado al diámetro de cobertura de foliar junto con los rendimientos de grano y broza, como las características más importantes y que aportaron en forma positiva. El cuarto componente aportó con 8.77%, caracterizando a aquellas accesiones de granos grandes con altos índices de cosecha, pero que a su vez tienden a desarrollar menor cobertura foliar, tallos delgados y menor número de dientes en las hojas. El quinto componente contribuyó con más del 5% de la varianza y las variables que más aportaron en forma positiva fueron el índice de cosecha y el rendimiento de grano; entre tanto, en forma negativa lo hicieron el diámetro de grano y el peso de 1000 granos.

Con el propósito de observar la relación entre las accesiones de cañahua, se ha graficado la distribución espacial de cada una sobre el primer y segundo componente principal (Figura 3). El análisis preliminar de la figura permite apreciar una amplia variabilidad de accesiones que componen la colección de germoplasma de cañahua, a su vez permite visualizar la presencia de 4 grupos diferentes de cañahua, situación que ha podido ser dilucidada con la aplicación de la técnica no jerárquica del análisis de conglomerados y el análisis discriminante múltiple (Pérez-López 2001).

Asimismo, por tratarse de un análisis normado es posible representar la proyección de las variables originales sobre los dos ejes principales (Figura 3). Las variables más vinculadas positivamente al primer eje son el inicio de floración (IF), 50% de floración ($F_{50\%}$), fin de floración (FF), granos lechoso (GL), grano pastoso (GP) y madurez fisiológica (MF), y en forma negativa el número de ramas (NR) y el diámetro de cobertura foliar (DCF). Por tanto, mientras mayor desplazamiento tengan las accesiones hacia el lado positivo, más tardías van a ser; y si tienen mayor desplazamiento hacia el lado negativo, son más precoces. La proyección opuesta de las variables número de ramas (NR) y el diámetro de cobertura foliar (DCF) respecto a las variables fenológicas, indica que las cañahuas mientras más tarden en florecer y en alcanzar la madurez fisiológica, menor número de ramas y menor cobertura foliar van a desarrollar, en comparación con aquellas con características inversas.

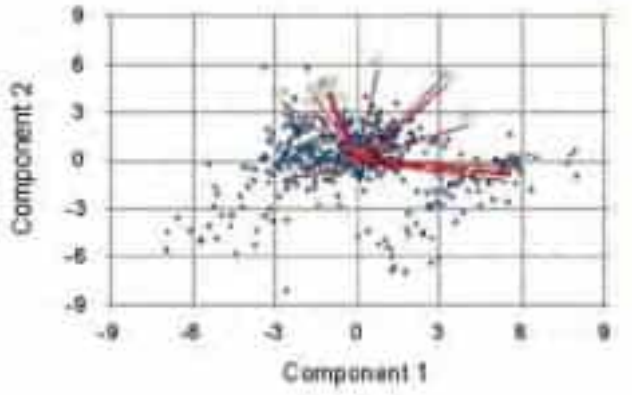


Figura 3. Representación espacial de la colección de germoplasma de cañahua sobre el primer y segundo componente principal.

Por su parte, las variables más vinculadas positivamente al segundo eje son la altura de planta (AP), longitud de hoja (LH), ancho de hoja (AH), longitud del peciolo (LP), número de ramas (NR), diámetro de tallo (DT), rendimiento de grano (RG), rendimiento de broza (RB) y en menor proporción el diámetro de grano (DG) y el peso de 1000 semillas (P1000); por tanto, el segundo componente principal caracterizó a la arquitectura de planta, donde las accesiones que se desplazan hacia el lado positivo son las más grandes y hacia el lado negativo las plantas más pequeñas, en cuanto a altura de planta, tamaño de hoja, número de ramas, diámetro de tallo, rendimiento de grano y broza, diámetro de grano y peso de 1000 granos.

Análisis discriminante múltiple

Con la aplicación del análisis discriminante múltiple se determinó que en la colección de germoplasma de cañahua existen cuatro grupos de diferente variabilidad genética sobre un total de 499 accesiones analizadas. La matriz de clasificación que se presenta en el Cuadro 7 resume la habilidad predictiva de las funciones discriminantes respecto a la clasificación de los diferentes grupos del germoplasma. De acuerdo a la columna del total de accesiones observadas, el análisis discriminante reconoció en cada grupo el mismo número de accesiones que clasificó la técnica no-jerárquica del análisis de conglomerados. Sin embargo, es mucho más informativo porque permitió identificar las accesiones mal clasificadas y las reasignó a su grupo específico de similitud, y por tanto, la fila de total de accesiones predichas indica el verdadero número de accesiones que deben ser clasificadas en cada grupo.

En general, las funciones discriminantes alcanzaron un alto grado de precisión en la clasificación de los grupos, y en todos los casos el radio de alcance superó el 93% de accesiones correctamente agrupadas. El grado de precisión total ha sido altamente significativo de acuerdo a la prueba estadística "Q" (Hair *et al.* 1992), lo que demuestra el alto poder discriminatorio de la matriz de clasificación (Cuadro 7).

Cuadro 7. Matriz de clasificación para los cuatro grupos de accesiones de cañahua.

Grupos	% correcto	1	2	3	4	Total observadas
1	95.56	86	3	1	0	90
2	95.78	1	227	9	0	237
3	93.53	0	6	130	3	139
4	93.94	0	0	2	31	33
Total predichas	94.99	87	236	142	34	499

En la Figura 4 se puede apreciar la distribución espacial de todas las accesiones clasificadas en los cuatro grupos sobre las dos primeras funciones discriminantes. Una vez identificadas las accesiones que conforman cada uno de los grupos, se procedió a efectuar nuevamente los análisis de patrones de variación y de clasificación por cada grupo separado, en donde se han identificado subgrupos, cuyas accesiones más disímiles han sido seleccionadas de acuerdo al método proporcional (Brown 1989) para conformar la colección núcleo (Cuadro 8). Según el Cuadro 8, en el primer grupo clasificaron 87 accesiones de cañahua y aportó con 13 accesiones a la colección núcleo; en el grupo dos clasificaron 236 accesiones y aportó con 24 accesiones; en el grupo tres clasificaron 142 accesiones y aportó con 15 accesiones; y en el grupo cuatro clasificaron 34 accesiones y aportó con 5 accesiones, completando un total de 57 las accesiones que conforman la colección núcleo.

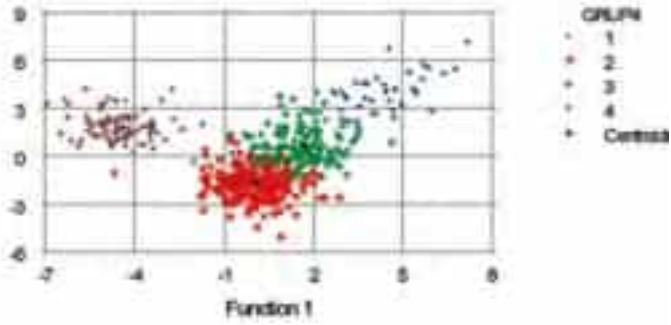


Figura 4. Distribución espacial de cuatro grupos en la colección de germoplasma de cañahua.

Cuadro 8. Número de accesiones de cañahua que aporta cada grupo a la colección núcleo.

Grupos	Colección total	Colección núcleo
1	87	13
2	236	24
3	142	15
4	34	5
Total	499	57

Uno de los requisitos para considerar a la colección núcleo como válida, es que las accesiones que la conforman deben representar entre el 10 y 15% del total de accesiones que componen la colección de germoplasma. En este

caso, como el análisis se hizo sobre 499 accesiones, las 57 accesiones identificadas representan el 11,4%.

El detalle de procedencia de las accesiones que conforman la colección núcleo se presenta en el Cuadro 9; en el mismo se puede observar que 39 accesiones son de Bolivia con mayor aporte del departamento de La Paz respecto a Potosí; una accesión es de Perú, y 17 accesiones no presentan datos de pasaporte.

Cuadro 9. Detalle de procedencia de las accesiones de cañahua que conforman la colección núcleo.

País / procedencia	Departamento	Número de accesiones	Subtotal
Bolivia	La Paz	38	39
	Potosí	1	
Perú	Puno	1	1
No identificado			17
Total			57

Comparación del análisis de correlación

Una comparación de la variabilidad genética entre la colección total del germoplasma y su subconjunto 'colección núcleo', revela que la estrategia de muestreo que se siguió para conformar la colección núcleo del germoplasma de cañahua, fue apropiada. Las correlaciones más importantes entre las variables cuantitativas observadas en la colección total del germoplasma que están bajo el control de diversos genes complejos, también fueron conservadas por la colección núcleo, lo que demuestra la representatividad de la variabilidad genética (Cuadro 10).

Para interpretar las matrices de correlación (Cuadro 10), se consideró como asociaciones lineales que representan a patrones naturales de variación a los coeficientes superiores a 0,30. Las correlaciones más significativas en ambos casos fueron: entre las variables fenológicas se destaca el inicio de floración (IF), 50% de floración ($F_{50\%}$), fin de floración (FF), grano lechoso (GL), grano pastoso (GP) y la madurez fisiológica (MF); entre las variables de hoja se destaca la longitud de hoja (LH), ancho de hoja (AH), longitud de peciolo (LP) y número de dientes (ND); la altura de planta (AP) se asocia positivamente con la madurez fisiológica (MF), con las variables de hoja, diámetro de tallo (DT), diámetro de grano (DG), peso de 1000 granos (P1000); el número de ramas (NR) con el diámetro de tallo (DT) y ambos a su vez con el diámetro de grano (DG), peso de 1000 granos (P1000), rendimiento de grano (RG) y rendimiento de broza (RB).

Por otra parte, se destaca la correlación negativa que tuvo el diámetro de cobertura foliar (DCF) con las variables fenológicas, de hoja y la altura de planta (AP), esta asociación permite inferir un patrón de variación que estaría asociado a accesiones tardías con menor diámetro de cobertura foliar, representado por cañahuas de hábito de crecimiento 'saiha' y por el contrario a accesiones precoces con mayor diámetro de cobertura foliar, representado por cañahuas de hábito de crecimiento 'lasta' y 'pampalasta' (IPGRI *et al.* 2005). También en forma negativa se destaca el diámetro de grano (DG) con las variables fenológicas, inicio de floración (IF), 50% de floración ($F_{50\%}$), grano lechoso (GL) y grano pastoso (GP). Finalmente, se advierte una alta correlación positiva entre las variables de grano y rendimiento entre ellas el diámetro de grano (DG), peso de 1000 semillas (P1000), rendimiento de grano (RG), rendimiento de broza (RB) y el índice de cosecha (IC).

Parámetros estadísticos descriptivos

En el Cuadro 11 se compara el comportamiento de la colección total de germoplasma de cañahua versus la colección núcleo a través de cinco parámetros estadísticos, pudiéndose evidenciar la alta similitud en la información entre ambos grupos de datos para la mayoría de las variables cuantitativas. Para el caso de variables que mostraron alta correlación, se observa que entre las fenológicas como la madurez fisiológica (MF) se reporta el mismo rango de variación de 105 días para la accesión más precoz y 184 días para la accesión más tardía. El tamaño de la hoja también muestra el mismo rango para la longitud de hoja (LH) y con una variación muy estrecha para el ancho de hoja (AH) y longitud de peciolo (LP).

La altura de planta (AP) varió en la colección total de 12.60 a 73.20 cm, mientras que la colección núcleo varió de 18.00 a 69.40 cm para las plantas de menor a mayor altura, respectivamente. El diámetro de cobertura foliar (DCF) reportó un rango de 13.60 a 71.60 cm para la colección total y de 16.20 a 65.60 cm para la colección núcleo. El tamaño del grano varió entre 0.83 a 1.62 mm para la colección total y de 0.90 a 1.28 mm en la colección núcleo. Para todos los parámetros descriptivos se calculó la correlación entre ambos grupos de datos, la cual superó el r =0,85.

Por tanto podemos concluir que la colección núcleo de germoplasma de cañahua esta conformada por 57 accesiones y representa el 11,4% de la colección total del germoplasma. Las correlaciones más importantes entre las variables cuantitativas de la colección total del germoplasma fueron conservadas por la colección núcleo, lo que demuestra la representatividad de la variabilidad genética.

Cuadro 10. Coeficientes de correlación (r) entre variables cuantitativas, en la colección total (arriba de la diagonal) y colección núcleo (debajo de la diagonal) de cañahua.

Var.*	EM	IF	F(50%)	FF	GL	GP	MF	LH	AH	LP	ND	NR	AP	DCF	DT	DG	P1000	RB	RG	IC
EM		0,19	0,18	0,14	0,05	0,04	-0,13	0,06	0,08	0,08	0,23	-0,09	-0,15	0,34	0,12	-0,13	-0,12	0,18	-0,02	-0,11
IF	0,28		0,98	0,92	0,87	0,87	0,62	0,27	0,31	0,23	0,15	-0,36	0,14	-0,47	-0,21	-0,38	-0,18	-0,15	-0,11	0,01
F(50%)	0,25	0,98		0,95	0,90	0,88	0,66	0,31	0,34	0,29	0,14	-0,34	0,19	-0,49	-0,19	-0,39	-0,21	-0,12	-0,11	-0,04
FF	0,19	0,92	0,95		0,95	0,90	0,68	0,30	0,31	0,23	0,05	-0,25	0,19	-0,48	-0,20	-0,33	-0,15	-0,09	-0,08	-0,04
GL	0,11	0,87	0,89	0,94		0,97	0,70	0,21	0,22	0,15	0,02	-0,28	0,13	-0,50	-0,29	-0,39	-0,19	-0,16	-0,12	-0,07
GP	0,13	0,86	0,87	0,91	0,97		0,68	0,15	0,17	0,08	-0,01	-0,30	0,05	-0,50	-0,38	-0,44	-0,20	-0,23	-0,16	-0,04
MF	-0,12	0,64	0,66	0,69	0,71	0,71		0,54	0,53	0,34	0,04	0,04	0,53	-0,67	0,01	-0,03	0,19	0,05	0,12	0,13
LH	0,04	0,33	0,35	0,33	0,25	0,21	0,56		0,97	0,84	0,42	0,34	0,85	-0,40	0,46	0,24	0,33	0,31	0,33	0,32
AH	0,06	0,36	0,38	0,35	0,26	0,23	0,55	0,97		0,85	0,46	0,33	0,80	-0,43	0,42	0,20	0,27	0,26	0,25	0,24
LP	0,05	0,28	0,33	0,26	0,17	0,13	0,35	0,85	0,86		0,55	0,14	0,64	-0,32	0,26	0,03	0,06	0,16	0,16	0,15
ND	0,24	0,16	0,15	0,06	0,03	0,01	0,04	0,42	0,46	0,57		-0,04	0,23	0,01	0,13	-0,18	-0,23	-0,04	-0,06	0,05
NR	-0,19	-0,29	-0,28	-0,21	-0,22	-0,21	0,07	0,32	0,32	0,11	-0,04		0,42	0,03	0,54	0,69	0,61	0,43	0,45	0,36
AP	-0,20	0,21	0,25	0,24	0,18	0,12	0,56	0,85	0,80	0,64	0,23	0,38		-0,50	0,53	0,43	0,46	0,40	0,38	0,27
DCF	0,32	-0,45	-0,48	-0,47	-0,49	0,49	-0,67	-0,42	-0,44	-0,35	0,01	-0,02	-0,54		0,17	0,08	-0,03	0,34	0,27	0,03
DT	0,03	-0,12	-0,12	-0,14	-0,22	-0,29	0,03	0,44	0,40	0,24	0,13	0,46	0,50	0,14		0,58	0,52	0,67	0,58	0,17
DG	-0,23	-0,32	-0,34	-0,29	-0,35	-0,37	-0,02	0,22	0,17	-0,01	-0,20	0,65	0,40	0,04	0,52		0,90	0,49	0,57	0,41
P1000	-0,19	-0,11	-0,16	-0,11	-0,14	-0,13	0,21	0,32	0,26	0,03	-0,24	0,58	0,44	-0,07	0,47	0,89		0,46	0,62	0,49
RB	0,13	-0,09	-0,06	-0,05	-0,11	-0,16	0,07	0,29	0,24	0,14	-0,05	0,38	0,37	0,32	0,65	0,44	0,42		0,88	0,20
RG	-0,27	-0,06	-0,06	-0,04	-0,08	-0,01	0,14	0,31	0,23	0,14	-0,07	0,41	0,36	0,25	0,55	0,55	0,60	0,87		0,56
IC	-0,16	0,05	-0,01	-0,01	-0,04	0,01	0,13	0,31	0,22	0,15	0,0'2	0,34	0,26	0,02	0,12	0,39	0,48	0,17	0,55	
Var.*	EM	IF	F(50%)	FF	GL	GP	MF	LH	AH	LP	ND	NR	AP	DCF	DT	DG	P1000	RB	RG	IC

Var.*: Variables

Cuadro 11. Parámetros estadísticos de tendencia central y de dispersión para 20 variables cuantitativas en la colección total y colección núcleo del germoplasma de cañahua.

Variables	Colección total (499 accesiones)					Colección núcleo (57 accesiones)				
	Min	Max	Media	DS[1]	CV[2]	Min	Max	Media	DS[1]	CV[2]
EM (días)	9.00	12.00	9.74	0.90	9.20	9.00	12.00	9.97	0.96	9.70
IF (días)	61.00	103.00	78.64	6.16	7.80	63.00	102.00	78.30	7.63	9.70
F50 (días)	68.00	123.00	86.80	7.52	8.70	69.00	112.00	86.28	8.81	10.2
FF (días)	75.00	130.00	97.46	8.36	8.60	75.00	130.00	96.04	9.98	10.40
GL (días)	82.00	143.00	109.20	10.57	9.70	82.00	141.00	107.53	12.30	11.40
GP (días)	90.00	159.00	120.82	11.83	9.80	90.00	152.00	119.83	14.35	12.00
MF (días)	105.00	184.00	159.50	13.16	8.30	105.00	184.00	153.04	18.31	12.00
LH (cm)	1.42	3.72	2.81	0.37	13.00	1.42	3.72	2.67	0.54	20.1
AH (cm)	1.28	3.84	2.81	0.41	14.50	1.28	3.72	2.67	0.61	22.90
LP (cm)	0.74	2.82	1.82	0.38	20.9	0.80	2.68	1.72	0.49	28.60
ND (N°)	3.00	8.00	5.10	0.66	13.00	3.00	7.80	4.91	0.82	16.60
NR (N°)	4.80	32.40	11.98	3.12	26.10	5.40	32.40	12.08	4.05	33.50
AP (cm)	12.60	73.20	49.70	9.55	19.20	18.00	69.40	45.10	13.19	29.30
DCF (cm)	13.60	71.60	34.47	9.27	26.90	16.20	65.60	39.50	13.22	33.50
DT (mm)	3.06	9.26	6.68	0.98	14.60	3.06	8.42	6.45	1.17	18.10
DG (mm)	0.83	1.62	1.07	0.07	6.80	0.90	1.28	1.07	0.09	8.00
P1000 (g)	0.35	1.10	0.61	0.12	20.00	0.40	1.07	0.60	0.17	28.70
RB (g / planta)	12.04	182.56	57.46	27.22	47.40	12.04	182.56	60.88	33.75	55.40
RG (g / planta)	1.34	83.54	18.11	9.34	51.60	1.34	83.54	18.06	13.65	75.60
IC	0.03	0.48	0.24	0.06	23.20	0.08	0.31	0.22	0.06	27.60

1 = Desviación estándar; 2 = Coeficiente de variación

Bibliografía

Brown AHD. 1989. Core collections: a practical approach to genetic resources management. Genome 31:818-824.

Crisci JV, López MF. 1983. Introducción a la teoría y práctica de la taxonomía numérica. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Washington, D.C. 132 p.

Dillon WR, Goldstein M. 1984. Multivariate analysis: methods and applications. New York, United States of America. 587 p.

FAO. 1996. Plan de Acción Mundial para la Conservación y Utilización Sostenible de los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Italia. 64 p.

Hair JF, Anderson RE, Tatham RL, Black WC. 1992. Multivariate data analysis. New York, Macmillan Publishing Company. 544 p.

IPGRI, PROINPA, IFAD. 2005. Descriptores para cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen). Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos, Roma, Italia; Fundación PROINPA, La Paz, Bolivia; International Fund for Agricultural Development, Roma, Italia.

Kaiser HF. 1960. The application of electronic computers to factor analysis. Educational and Psychological Measurement. 20:141-151.

Pérez-López C. 2001. Técnicas Estadísticas con SPSS. Pearson Education, S.A., Madrid, España. 571 p.

Pla LE. 1986. Análisis multivariado: método de componentes principales. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Washington, D.C. 95 p.

Rojas W. 1998. Análisis de la diversidad genética del germoplasma de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) de Bolivia, mediante métodos multivariados. Tesis M.Sc. Fac. Ciencias Agrarias, Universidad Austral de Chile. 209 p.

Rojas W. 2003. Análisis de la variabilidad genética en quinua. En: Franco TL, Hidalgo R (eds.). Análisis Estadístico de Datos de Caracterización Morfológica de Recursos Fitogenéticos. Boletín técnico Nº 8, IPGRI, Cali, Colombia. pp. 27-39.

Rojas W, Cayoja MR, Espindola G. 2001. Catálogo de la colección de quinua conservada en el Banco Nacional de Granos Altoandinos. La Paz, Bolivia. 128 p.

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.

VII. Estrategias para la conservación y promoción de los granos andinos: ferias y concursos

Milton Pinto[1], Wilfredo Marin[2], Vania Alarcón[3], Wilfredo Rojas[4]
[1] Ing. Agr. Responsable Área Recursos Genéticos, Regional Altiplano, Fundación PROINPA; E-mail: m.pinto@proinpa.org
[2] Ing. Agr. Trabajó en la Unidad Académica Campesina Tiahuanacu - UCB hasta mayo de 2010; E-mail: wpmp74@gmail.com
[3] Técnico Área Recursos Genéticos, Regional Altiplano, Fundación PROINPA; E-mail: v.alarcon@proinpa.org
[4] Ing. Agr. M.Sc. Coordinador Regional Altiplano, Fundación PROINPA; E-mail: w.rojas@proinpa.org

Las ferias y concursos contribuyen a la conservación de la agrobiodiversidad, a difundir avances tecnológicos e información, a fortalecer las relaciones entre diversos actores interesados en estas, y a crear conciencia sobre su importancia.

Bolivia es un país rico en diversidad genética de especies como la cañahua, la quinua y el amaranto, siendo las familias campesinas de escasos recursos (con limitado acceso al mercado) las depositarias naturales de toda o gran parte de la riqueza genética, por lo que su rol en la conservación y aprovechamiento de las especies y variedades es fundamental porque son la base de su seguridad y soberanía alimentaría.

Las ferias contribuyen a la conservación de la agrobiodiversidad y ayudan a mostrar y difundir los avances tecnológicos de los agricultores, la agroindustria y las instituciones que trabajan con estos cultivos. Además, fortalecen las relaciones de reciprocidad entre productores y otros actores de las cadenas productivas (producción-agroindustria-comercialización). Por otra parte, las ferias y concursos de biodiversidad constituyen un factor estratégico para estimular la conservación o mantenimiento de los recursos genéticos, incrementar su consumo y promocionarlos, además de concientizar a la población en general sobre la importancia de estos recursos.

Uno de los objetivos del Proyecto IFAD-NUS "Elevar la contribución que hacen las especies olvidadas y subutilizadas a la seguridad alimentaria y los ingresos de la población de escasos recursos", fue la sensibilización a agricultores, investigadores, comercializadores, docentes, estudiantes y

público en general respecto a la importancia de conservar y usar la variabilidad genética de quinua, cañahua y amaranto disponible en Bolivia. Para ello se realizaron ferias y concursos en diferentes comunidades del altiplano y valles interandinos del país.

a) Ferias de biodiversidad (2002-2004)

Feria de biodiversidad, uso y tecnología de quinua y cañahua

Durante la primera fase del proyecto IFAD-NUS y en tres años consecutivos (2002-2003-2004) se realizaron cinco ferias de biodiversidad, uso y tecnología, tres de ellas en la localidad Tiwanaku de La Paz y dos en la localidad Mizque de Cochabamba.

Las ferias de quinua y cañahua realizadas en Tiwanaku fueron organizadas y ejecutadas por la Unidad Académica Campesina Tiahuanacu-UCB, la Facultad Agronomía de la UMSA, La Fundación PROINPA y el Gobierno Municipal de Tiwanaku. Por otro lado las ferias de amaranto fueron realizadas por el Centro de Investigaciones Fitoecogeneticas Pairumani, la ONG Suka, la empresa 4 Arroyos y Laboratorios LA&SAA.

Los objetivos de estos eventos fueron los siguientes:

- Contribuir a la conservación, manejo, revalorización y uso de los granos andinos.
- Conocer y rescatar la diversidad cultivada y silvestre existente en las comunidades.
- Promover la integración de la producción y demanda articulada entre los componentes de las cadenas.
- Intercambiar experiencias entre agricultores, agroindustrias que se dedican a los cultivos andinos.

Los sitios de exhibición de los participantes fueron organizados en tres áreas de exposición:

1) Variabilidad genética
2) Uso alimenticio y medicinal
3) Agroindustrias, innovación tecnológica e insumos

Área 1: Variabilidad Genética

En total participaron 189 agricultores, 52 en la primera feria (2002) procedentes de 11 comunidades de La Paz (Figuras 1, 2 y 3), 70 en la segunda feria (2003) provenientes de 17 comunidades de La Paz (Figuras 4 y 5), y 67 en la tercera feria (2004) procedentes de 35 comunidades de La Paz y Potosí (Figura 10). A medida que las ferias se consolidaron se observó un incremento en la cantidad de agricultores y comunidades participantes en esta categoría (Cuadro 1).

Cuadro 1. Detalle de comunidades que participaron en el área de variabilidad genética (Feria de Tiwanaku 2002-2004).

Feria 2002	Feria 2003	Feria 2004	
Patacamaya	Patacamaya	Llallagua	Achaca
Guaqui	Achacachi	Ayanaya	Villa Remedios
Achacachi	Tiwanaku	Calacala	Corpa
Tiwanaku	Viacha	Maca	Patarani
Viacha	Guaqui	Sulcawitu	Tacaca
Jalsuri	Viacha	Antipampa	Qhunqumilluni
Achaca	Huacullani	Guaraya	Callamarca
Achuta grande	Guaraya	Achuta Grande	Chuñuchuñuni
Cantapa	Achuta	Achaca	Puchuni
Corpa	Pillapi	Rosa Pata	Achaca
	Chusequeri	Yanarico	Palcoco
	Achaca	Casa Achuta	Chojjña Kollu
	Achuta grande	Caluyo	Huarisuyo
	Cantapa	Huancollu	Tunusi
	Chuñuchuñuni	Pircuta	Coromata Media
	Corpa	Pillapi	Achacachi
	Tacaca	Ñachoqa	Sevincani
		Causaya	

Según el Cuadro 2 se presentaron 49 variedades de quinua, 29 de ellas corresponden a variedades locales de comunidades situadas en el área circundante al Lago Titicaca, 13 corresponden a variedades mejoradas y siete corresponden a ecotipos de Quinua Real que proceden del Altiplano Sur del país (Guzmán *et al.* 2002; Marin *et al.* 2003; Marin *et al.* 2004).

Figura 1, 2 y 3. Primera Feria de Biodiversidad, Uso y Tecnología de Quinua y Kañawa realizada en Tiwanaku (2002).

Cuadro 2. Diversidad de variedades de quinua expuestas en la feria de Tiwanaku (2002-2004).

Variedades de quinua		
Blanca*	Pureja*	Samaranti**
Roja*	Llulluchi*	Intinaira**
Coytu*	Siki*	Jilata**
Churo*	Chuchi juira*	Santa María**
Acu juira*	Quilliwillu*	Var. Mejorada**
Janko jhupa*	Palco*	Jacha grano**
Waca misu *	Yubi*	Ratuqui**
Amarilla *	Mezcla*	Chucapaca**
Ajara*	Mixtura*	Pandela roja***
Negra*	Choq'e pito*	Pandela amarilla***
Waranta*	Cuntur naira*	Pasankalla***
Iry*	Wila cayun janq'o*	Lipeña***
Witulla*	Surumi**	Timza***
Kellu juira*	Robura**	Maniqueña***
Janko cayun juira*	Sajama**	Real***
Arroz jupha*	Sayaña**	
Ploma *	Kamiri**	

* Variedades locales; ** Variedades mejoradas; *** Ecotipos Real

Al realizar una comparación entre las 29 variedades locales expuestas y las 134 accesiones que proceden de este mismo lugar y que se conservan en el Banco de Granos Altoandinos (Pinto 2002), se puede inferir que se produjo una erosión genética importante de variedades locales que se vienen conservando en condiciones *in situ*. En otro estudio realizado por Rojas *et al.* (2003) en las cinco provincias que circundan al lago Titicaca, se determinó que la variabilidad genética de quinua está en un estado crítico debido a que el número de variedades locales se ha reducido a 40, en comparación a la diversidad que se conversa en condiciones *ex situ*.

Figuras 4 y 5. Inauguración de la segunda Feria de Biodiversidad de cañahua y quinua realizada en Tiwanaku.

En el Cuadro 3 se presentan las 22 variedades locales de cañahua que fueron expuestas durante los eventos, encontrándose entre ellas dos variedades silvestres (*Illama e Illamancu*). En las semillas expuestas se observó una importante diversidad de colores de grano: blanquecino, gris, amarillo, café, rojo, rosado, púrpura y negro. Estos resultados guardan relación con el estudio realizado por Rojas *et al.* (2004) en las cinco provincias que circundan al lago Titicaca, donde se determinó que la variabilidad genética de cañahua es crítica debido a que el número de variedades locales se ha reducido a 20, en comparación a la diversidad que se conversa en condiciones *ex situ*.

Cuadro 3. Diversidad de variedades locales de cañahua expuestas en las ferias de Tiwanaku (2002-2004).

Variedades locales de cañahua		
Blanca	Mujsa	Chilliwa cachi
Negra	Coytu	Condor naira
Lluquillu	Choq'e chilliwa	Kallu lluchi
Churo	Rosada	Amarillo
Rojo	Café	Umacutama
Cañahua	Chupica	Illamancu (Silvestre)
Plomo	Mezcla	
Choq'o	Illama (Silvestre)	

Área 2: Usos alimenticios y medicinales

Se expusieron una diversidad de preparados alimenticios tradicionales y no tradicionales que se describen en el Cuadro 4 y Figuras 6 y 7. En la feria del 2002 se mostraron siete diferentes preparados entre bebidas, sopas, repostería, de uso en la medicina y en rituales. En la Feria del 2003 la cifra subió a 10 productos tradicionales elaborados a base de quinua y cañahua. En la exposición de estos productos, los agricultores presentaron la *kispiña* en diversas formas de acuerdo a las festividades religiosas e inclusive según los acontecimientos: matrimonios, entierro a difuntos y otros.

Figuras 6 y 7. Diversidad de granos y preparados tradicionales presentados por agricultores.

En la Feria del 2004 se expusieron 46 preparados tradicionales y no tradicionales, cinco tipos de bebidas, 15 tipos de preparados cocidos y fritos, 20 preparados en repostería, dos de uso en la medicina y cuatro preparados artesanales y de uso en rituales (Cuadro 4). En esta última feria, la exposición de preparados alimenticios no solo fue realizada por agricultores, también participaron empresas como Quinuabol SRL-Lahuachacha, y del Ejército de Salvación de Tiwanaku, los cuales mostraron diferentes formas de consumo de los granos de quinua y cañahua.

Figuras 8 y 9. Stand de empresas transformadoras de granos andinos (cañahua y quinua).

Entre los usos medicinales de la cañahua los agricultores mencionaron que el pito de cañahua es bueno para controlar el mal de altura, las aftas, diarreas y también para purificar el ambiente en el momento de ofrendar a la Pachamama. En el caso de la quinua se destaca el uso medicinal como Cataplasma para curar luxaciones e inclusive, fisuras de huesos (Cuadro 4). Con la exposición de alimentos tradicionales y no tradicionales a base de quinua y cañahua, se logró que los agricultores interactuaran con personas y entidades que trabajan en buscar nuevas formas de uso de los granos andinos (Guzmán *et al.* 2002; Marin *et al.* 2003; Marin *et al.* 2004).

Área 3: Agroindustria, innovación tecnológica e insumos

En las tres ferias participaron instituciones dedicadas a la transformación, investigación, educación y promoción de productos andinos (Cuadro 5). En el año 2002, 16 organizaciones participaron, en el año 2003 participaron 20 instituciones y el año 2004 se contó con la asistencia de 21 instituciones. Las agro-empresas que mostraron alimentos procesados a base de quinua y cañahua, expusieron los siguientes productos: granolas, pito, harina, galletas, panes, pipocas, chisitos, turrones y otros. Las instituciones dedicadas a la generación de tecnología mostraron productos para el manejo integrado de plagas, agroquímicos, semillas y materiales de difusión, maquinas procesadoras, molinos, hojueleras, e implementos para riego (Figuras 13 y 14).

Cuadro 4. Preparados alimenticios y no alimenticios de quinua y cañahua expuestos en las ferias de Tiwanaku (2002-2004).

Tipo de alimento	Feria 2002	Feria 2003	Feria 2004	
Bebidas	Refresco de quinua	Refresco de quinua Refresco de cañahua	Refresco de quinua Kusa de quinua Api	Quinua con leche Refresco de cañahua
Sopas y otros	P'esque de quinua Sopa de quinua	Quinua Graneada Torrejas de quinua P'esque de quinua Sopa de quinua	Pesque con leche Jupha tanta Segundo de quinua Pesque Huracha Pisara Sopa de quinua Lawa(allpi) Huaricha	Pesque con cañahua Pesque con ahugado Saise de quinua Albóndigas Plato a la huancaina Muchacha Lawa de cañahua
Repostería	Pito de quinua Kispiña	Kispiña de quinua Tayacha de cañahua Pito de quinua	Pito de cañahua Q'api kispiña K'iqui kispiña Acu kispiña Kispiña Kispiña de ajara Tortas de quinua Tortillas de quinua Buñuelos de quinua Kispiña tostada	Jupha kispiña K'api kispiña Piri Mukuna Wila quispiña Tortillas de cañahua Buñuelo de cañahua Queque de cañahua Galletas de cañahua Galletas de quinua
Medicina	Pito de cañahua	Pito de cañahua	Pito de cañahua	Cataplasma de quinua
Artesanía y ritos	Pito de cañahua	Pito de cañahua	Animalitos de quinua Toros de Julian	Kawacha Pulasa

Cuadro 5. Instituciones y empresas que participaron en la Feria de Tiawanaku (2002-2004).

Instituciones	Feria 2002	Feria 2003	Feria 2004
Empresas	GAHIA DOW AGRO SCIENCES Metal Mecánica Andina Agua Activa Inter Vida CERETAR Coronilla Punto Natural Molinos Pereira	Cereales Andina Irupana La Chapaquita Ricoquin CERETAR Coronilla Punto Natural Molinos Pereira	Punto Natural NUTRICER Cereales Andina MERFRUT IRUPANA AGRONAT IBAL LILA VATY QUINUABOL Industria Metálica Andina PROTEC HERRAGRO
Instituciones estatales de investigación y educación.	Oficina Regional de Semillas Escuela Técnica Viacha Facultad Agronomía UMSA Facultad Nutrición UMSA UAC Tiwanaku	Colegio Pircuta UAC-Tiwanaku UAC-Batallas UAC-Pucarani Escuela Técnica Viacha Fac.Agronomía-UMSA UAC-Tiwanaku SEDAG	IRD-UMSA-UTO UMSA Fac. Agronomía UMSA UAC-Tiahuanaco CETHA - CORPA
Instituciones de producción, promoción e investigación	Fundación PROINPA Fundación PRODEM	APROA-Quijarro CIPCA PROQUISA Fundación PROINPA	Asociación INTI JALSU LAYSAA Inst. Aprendizaje Indust. "IAI" Riego Master Fundación PROINPA

Asimismo, se tuvo la participación de representantes de unidades educativas del área rural y urbana como la Escuela Técnica de Viacha, Colegio Pircuta, CHETA - Corpa, Facultad de Agronomía y de Nutrición

de la Universidad Mayor de San Andrés, Proyecto IRD UMSA-UTO, Unidades Académicas Campesinas de Tiwanaku, Pucarani y Batallas, quienes mostraron los avances en la diversificación de usos alimentarios (Figuras 11 y 12).

Figura 10. Inauguración de la III Feria en la plaza principal de Tiwanaku.

Figuras 11 y 12. Exposición de diversidad de semilla y preparados tradicionales de cañahua y quinua.

De la misma forma fue destacable la participación de Asociaciones de Productores de quinua como APROA, PROQUISA, INTIJALSU e IAI, que mostraron diversidad de semillas para su vinculo comercial. Las instituciones estatales como la Oficina Regional de Semillas (ORS) y el SEDAG que presentaron avances en normativas y oportunidades de producción y de instituciones de investigación y desarrollo como la Fundación PROINPA, Fundación PRODEM y CIPCA, quienes mostraron los avances en la investigación y desarrollo de tecnología para mejorar la producción de quinua y cañahua.

Figuras 13 y 14. Exposición de implementos de riego y maquina seleccionadora de granos de color.

El logro más importante es que en acuerdo con el Gobierno Municipal de Tiwanaku, organizaciones y autoridades campesinas, se logró institucionalizar el evento como "Feria de Biodiversidad y Arte Popular Andino", que se realiza anualmente los días 20 y 21 de junio como parte del *"Willkakuti"* (o Fiesta del Año Nuevo Aymara). En este año (2010), se organizó la séptima versión del evento a la cabeza del Gobierno Municipal de Tiwanaku.

Feria de Biodiversidad de Amaranto

Se realizaron dos ferias de biodiversidad de amaranto en la localidad de Mizque, Cochabamba, en los años 2003 y 2004. En estas ferias se tuvieron 3 áreas de exposición:

Área 1: Variabilidad genética
Se expusieron 27 ecotipos de amaranto nativo que son cultivados por agricultores de 23 comunidades (Ferias 2003 y 2004) localizadas en los valles del país (Cuadro 6).

Área 2: Usos alimenticios y medicinales
Los productos elaborados por los agricultores a base de amaranto y que mayormente se expusieron fueron: grano tostado, sopas y harinas.

Área 3: Agroindustria, innovación tecnológica e insumos
Participaron 13 empresas: SUKA, Irupana, Melfrut, 4 Arroyos, Tenatur, PROANAT, Productos Wara, CEDEAGRO, Gouranga, Organización de Mujeres El Polígono, Supermercado Ecológico, Tonut y Maquica, quienes expusieron una gran variedad de productos con base en granos de amaranto, tales como: pan, harina precocida, empanadas, galletas, refrescos instantáneos, pipocas, pop con miel, pito, granolas, turrones, api, hojuelas, fideo, pitotabillas de leche, mermelada y majar (Guzmán 2003; Guzmán 2004).

Cuadro 6. Comunidades que participaron en el área variabilidad genética (Feria de Mizque 2003 y 2004).

Ferias de biodiversidad de amaranto		
2003		2004
Tin Tin	Rumycorral	Churo
Molleaguada	Mojón	Ochama alta
Sauces	Huañuma	Lampasillos
Lampasillos	Lamachaqui	Cazola
Lagarpampa	Pampas	Wasamayu
Iho	Warawara	Tin Tin
Chaupiloma	La viña	
San Juan	Calamina	
Sorapampa	Duraznillo	

b) Concursos de agrobiodiversidad y uso de cultivos andinos (2008-2010)

Un "Concurso de Agrobiodiversidad" es un evento planificado y organizado en el cual los agricultores participan en una clasificación y selección específica. Este tipo de evento está constituido por una presentación de méritos en el que varios agricultores compiten por ocupar los primeros lugares en función a la diversidad de cultivos expuestos, la forma de presentación de la diversidad y sobre todo por los conocimientos asociados a la diversidad que puedan tener.

Esto significa que en un concurso de agrobiodiversidad no solo cuenta la exhibición de productos, sino también es importante la calidad, la presentación física de la diversidad y la calidad en la exposición de los concursantes.

En el marco del proyecto IFAD-NUS II "Elevar la contribución que hacen las especies olvidadas y subutilizadas a la seguridad alimentaria y los ingresos de la población de escasos recursos", se realizaron seis "Concursos de Agrobiodiversidad y Uso de los Cultivos Andinos", tres en la comunidad Santiago de Okola situado en la provincia Camacho de La Paz y tres en la comunidad Coromata Media provincia Omasuyos de La Paz. Estos concursos se desarrollaron durante tres años consecutivos (2008, 2009 y 2010) con los siguientes objetivos:

- Cuantificar la diversidad de variedades de cultivos que se conservan en las comunidades.
- Revalorizar el conocimiento tradicional en el uso de los cultivos andinos quinua y cañahua.
- Recuperar y promover la conservación de conocimientos tradicionales (usos diversificados, medicinales, rituales).

- Contribuir a recuperar y revalorar la diversidad de cultivos andinos.
- Promover el encuentro entre agricultores con el fin de socializar información, conocimientos, e intercambio de semillas.
- Promover la difusión de conocimientos sobre la diversidad de cultivos y conocimientos tradicionales en niños y jóvenes de las comunidades.
- Identificar a los agricultores conservacionistas.

Para realizar los concursos se siguieron los siguientes pasos:

a) Reuniones de coordinación: con participación de autoridades municipales, autoridades sindicales, autoridades escolares, agricultores, socios de AINCOCA (Asociación Integral de Conservadores de Cultivos Andinos - Coromata Media) y ATISOL (Asociación de Turismo Integral Santiago de Okola). Se definieron fechas de concursos, asignación de responsabilidades, categorías de participación, invitaciones y programas de los eventos. Las categorías fueron las siguientes:
   – Diversidad de semillas
   – Comidas preparadas a base de quinua y cañahua,
   – Artesanías asociadas al manejo y conservación de la agrobiodiversidad;
   – Dibujo sobre la biodiversidad de la comunidad

b) Convocatoria y difusión del evento: se realizaron visitas a las familias de las comunidades, se entregaron afiches (Figuras 15-20) y se realizaron comunicaciones radiales en las que se dieron datos del lugar, día, fecha y categorías de participación. Asimismo, para tener la participación de autoridades se realizaron invitaciones a medios radiales, autoridades municipales, representantes de comunidades vecinas, representantes de instituciones que trabajan en las comunidades y a personal docente de las unidades educativas.

Figuras 15, 16 y 17. Afiches de 3 Concursos de Agrobiodiversidad y Uso de los Cultivos Andinos realizados en la comunidad Coromata Media, provincia Omasuyos, La Paz.

Figuras 18, 19 y 20. Afiches de los 3 Concursos de Agrobiodiversidad y Uso de los Cultivos Andinos realizados en la comunidad Santiago de Okola, provincia Camacho, La Paz.

c) Desarrollo del Concurso: el evento comenzó con el registro de los concursantes (varones y mujeres) en las diferentes categorías; posteriormente se desarrolló la inauguración del concurso con la participación de autoridades locales, municipales e institucionales, representantes de instituciones invitadas y representantes del equipo técnico de recursos genéticos de la Fundación PROINPA - Regional Altiplano. Seguidamente los concursantes de las diferentes categorías expusieron la diversidad de semillas, comidas, artesanías y dibujos al grupo de los jurados calificadores, conformado por una autoridad originaria, un profesor y un representante de la institución organizadora.
d) Registro de información: simultáneamente al desarrollo del concurso, se realizó el registro de información sobre la diversidad inter e intra especifica que poseen las familias de cada comunidad, así como de los usos de los granos andinos en comidas tradicionales y no tradicionales, y la elaboración de artesanías.
e) Premiación: se entregaron premios a los 10 primeros lugares de cada categoría. En las categoría `Diversidad de Semillas` y `Artesanías` se entregaron herramientas de trabajo: carretillas, palas, picotas, chontillas, rastrillos, azadones y hoces. En la categoría `Comidas` se entregaron enseres domésticos como cocinas de 2 hornillas, juego de ollas, calderas, vajillas y cucharones; y en la categoría `Dibujo sobre la Biodiversidad` se entregaron paquetes escolares, cuadernos, colores, crayones, goma, tajador y lápices negros y rojos. A los concursantes que no ganaron, se les hizo la entrega de premios de consolación.

Categoría 1: Diversidad de semillas

La Figura 21 muestra la diversidad de especies y variedades registradas en los concursos de agrobiodiversidad en Santiago de Okola. Se observa que en el primer concurso (2007) los agricultores expusieron 17 especies que incluían tubérculos (papa, oca, isaño y papalisa), granos andinos (quinua y cañahua), cereales (avena, cebada, maiz y trigo), leguminosas (haba, arveja y tarwi) y hortalizas (nabo, zanahoria, lechuga y cebolla), mientras que en el segundo y tercer concurso (2009 y 2010) se registraron 13 especies. Esto se debió a que las familias ya no exhibieron hortalizas porque fue acordado solamente mostrar los cultivos que son producidos por la mayoría de las familias.

En general los resultados alcanzados indican que efectivamente existió un incremento en la cantidad de variedades expuestas en tres años, siendo el caso más notable el de la papa (*Solanum tuberosum*) con casi 100% de incremento, seguido de la oca (*Oxalis tuberosa*), la quinua (*Chenopodium quinoa*), el maíz (*Zea maiz*), la haba (*Vicia faba*), la papalisa (*Ullucus tuberosus*) y la cañahua (*Chenopodium pallidicaule*) que también registraron incrementos en la cantidad de variedades presentadas (Mamani *et al.* 2008; Mamani y Rojas 2009).

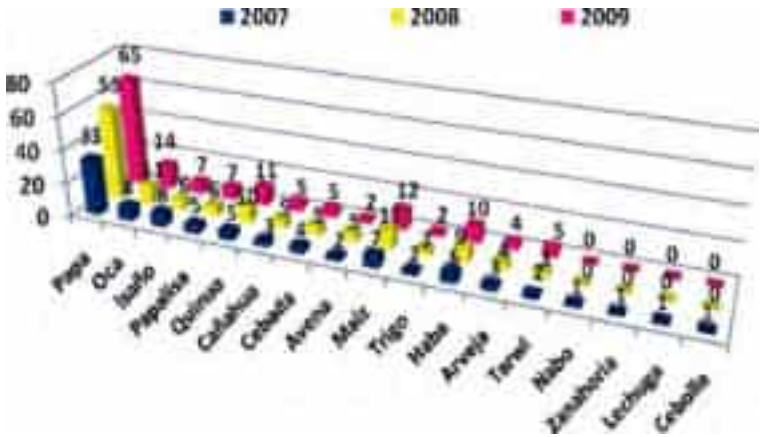


Figura 21. Diversidad de especies y variedades expuestas en los Concursos de Agrobiodiversidad de la comunidad Santiago de Okola.

En los concursos de agrobiodiversidad de Coromata Media se expusieron 12 cultivos entre tubérculos, granos andinos, cereales y leguminosas (Figura 22), observándose un incremento en la cantidad de variedades expuestas

en la mayoría de las especies. En el caso de la papa, el número de variedades expuestas subió de 60 a 88, similar situación se registró en oca de 7 a 16 variedades, en isaño de 5 a 21 variedades, en quinua de 3 a 18 variedades, en cañahua de 10 a 19 variedades, en cebada de 3 a 13 variedades y en haba de 5 a 28 variedades expuestas. Este incremento en el número de variedades muestra que estos eventos contribuyeron al rescate de variedades locales como resultado del interés que mostraron los agricultores (Mamani *et al.* 2008; Mamani y Rojas 2009).

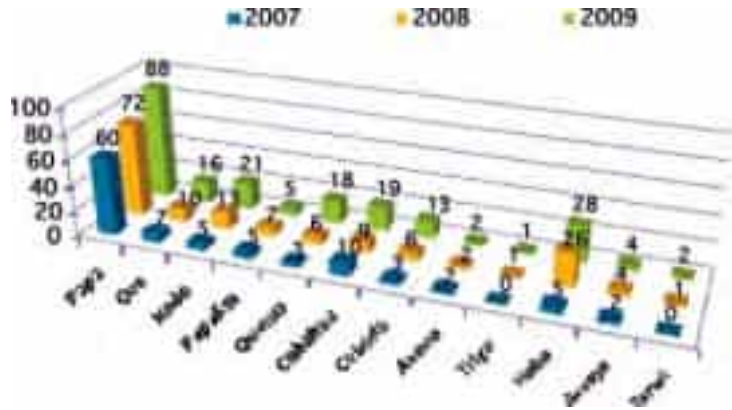


Figura 22. Diversidad de especies y variedades expuestas en los Concursos de Agrobiodiversidad de la comunidad Coromata Media.

Categoría 2: Comidas tradicionales y no tradicionales a base de quinua y cañahua

Los concursantes presentaron preparados tradicionales que acostumbran consumir, entre los que se destacan la Kispiña, P'esque, refrescos y pito, todos ellos preparados a base de quinua y cañahua. También se registraron preparados tradicionales no muy comunes como la t´ayacha de cañahua propia de Coromata Media y la kaswira que se prepara y consume en la comunidad de Santiago de Okola.

Los agricultores participantes de esta categoría también presentaron alimentos no tradicionales como tortas, galletas, jugos, queques, bocaditos, humintas, néctar, tawas, tortillas, panqueques, choricitos, api, pan y albóndigas. Estos nuevos preparados fueron realizados por las personas que se capacitaron en los cursos de 'Diversificación de usos alimentarios' realizados por el proyecto IFAD-NUS en ambas comunidades. Según el Cuadro 7, la cantidad de preparados tradicionales variaron de 7 a 9, mientras

que los preparados no tradicionales se incrementaron paulatinamente de 7 alimentos expuestos en el 2008 a 18 expuestos el 2010.

Cuadro 7. Preparados alimenticios tradicionales y no tradicionales expuestos en la Comunidad Coromata Media (2008-2010).

Comunidad Coromata Media		
Año	Comidas tradicionales a base de quinua, cañahua y cebada	Comidas no tradicionales a base de quinua y cañahua
2008	Kispiña de quinua, japhu kispiña, q'api kispiña, p'esque de quinua (con leche y / o queso), pito de quinua, t'ayacha de cañahua, pito de cañahua y p'esque de cañahua	Tortilla, néctar, jugo, huminta, panqueque, tawa y galletas
2009	Kispiña de quinua, japhu kispiña, q'api kispiña, p'esque de quinua (con leche y queso), t'anta wawa de quinua, t'ayacha de cañahua, pito de cañahua y p'esque de cañahua	Tortilla, néctar, jugo, huminta, queque, pan, tawa, galletas, bocaditos de cañahua, phisara, buñuelos, choricitos, albóndigas y panqueque
2010	Kispiña de quinua, p'esque de quinua con leche, llamitas de cañahua, t'ayacha de cañahua, pito de cañahua, p'esque de cañahua y tostado de cebada	Tortilla, néctar, jugo, huminta, queque, pan, tawa, galletas, bocaditos, phisara, buñuelos, mazamorra, panqueque, ají, rellenos, api, choricitos y albóndigas

En Santiago de Okola no presentaron preparados a base de cañahua en los dos primeros concursos debido a que los agricultores de la comunidad perdieron la semilla de esta especie, y por tanto perdieron la costumbre de consumir productos a base de este grano andino. Para revertir esta situación, se trabajó en la reintroducción de variedades y accesiones de cañahua conservadas en el Banco de Germoplasma de Granos Andinos, entregando 1 kg de semilla a las familias que trabajaron con el proyecto IFAD-NUS. Los preparados tradicionales elaborados con cañahua como kispiña y kaswira fueron expuestos en el concurso del año 2010 (Cuadro 8).

Cuadro 8. Preparados alimenticios tradicionales y no tradicionales expuestos en la Comunidad Santiago de Okola (2008-2010).

Comunidad Santiago de Okola		
Año	Comidas tradicionales a base de quinua y cañahua	Comidas no tradicionales a base de quinua
2008	Kispiña de quinua, p'esque de quinua, kaswira de quinua	Huminta, queque, pan, galletas, tawa y refresco
2009	K'ispiña de quinua, p'esque de quinua y kaswira de quinua.	Huminta, queque, pan, galletas, tawa, refresco, buñuelos, pan y phisara
2010	K'ispiña de quinua, p'esque de quinua, kaswira de quinua, k'ispiña de cañahua, p'esque de cañahua y kaswira de cañahua	Huminta, queque, pan, tawa, galletas, jugo, empanada, relleno y pito

Como se observa en el Cuadro 8, la cantidad de preparados tradicionales subió de 3 a 6 en tres años de ejecución de los concursos siendo los más comunes la k'ispiña, el p'esque y la kaswira que pueden elaborarse a base de quinua y cañahua. En el caso de los preparados no tradicionales también se incrementaron de 6 a 9 preparados, los cuales fueron elaborados a base de quinua.

Categoría 3: Artesanías asociadas al manejo de la agrobiodiversidad
Esta categoría se implementó a partir del año 2009 y entre las artesanías tradicionales expuestas en Santiago de Okola y Coromata Media se registró una diversidad importante de tejidos utilizados como vestimentas y utensilios del hogar. Asimismo se mostraron herramientas de trabajo utilizadas en las labores de cultivo (Cuadros 9 y 10). En Coromata Media se expusieron 49 tipos de artesanías, 22 en el concurso del año 2009 y 27 en el concurso del año 2010.

Entre los más conocidos se encontraban polleras, ponchos, pantalones, chalecos, chalina, esteras, sombreros y ruecas; sin embargo algunas artesanías fueron nombradas en el idioma aymara los cuales se detallan a continuación:

- *Cama:* Sinónimo de frazada, tejida a mano con lana de oveja o de llama, con diseños únicos y coloridos.
- *Bayeta:* Tela tejida con lana de oveja o de llama con la que se elaboraban vestimentas.
- *Aguayo:* Tejido colorido que se usa para transportar cosas en la espalda, mantel para carga.

- *Pullu:* Manta pequeña tejida con lana de oveja para cubrir la espalda de las mujeres.
- *Huallquepu:* Bolsa tejida con lana de oveja, pequeña para llevar coca, lejía y alcohol.
- *Capacho:* Bolsa tejida con lana de oveja, de tamaño grande para llevar comida o merienda.
- *Chullu:* Gorra tejida para cubrir la cabeza y orejas, utilizado por varones.
- *Juñi:* Hilado de lana antes del teñido.
- *Wiska:* Herramienta de madera para tejido de camas.
- *Wichuña:* Herramienta para ajustar el tejido hecho de hueso de llama.
- *Kaput lana:* Hilado de lana de oveja.
- *Encuña:* Aguayo pequeño para llevar comida.
- *Tari:* Aguayo pequeño para llevar coca y lejía.
- *Reboso:* Tela o manta para cubrir la cabeza de las mujeres.
- *Kurawa:* Onda o trenzado de lana utilizado para lanzar piedras en momentos de pastoreo.
- *Waca:* Faja tejida con lana de oveja.
- *Tullma o Qhañaña:* Tejido de lana de oveja para trenzado de cabello en mujeres.

Cuadro 9. Artesanías expuestas en la comunidad Coromata Media (2009-2010).

Año	Artesanías	Coromata Media
2009	Vestimenta	Cama, bayeta, pollera, pullu, aguayo, poncho de luto, chullu, pantalón, poncho de plomo, huallquepu, kapacho, wiska, wichuña, rueca, kaput lana, juñi y estera
	Herramientas para labores agrícolas	Costal de lana de oveja, costal de lana de llama, mantel de lana de oveja y canasta de paja
2010	Vestimenta	Cama, ponchos de lana de oveja, pullu, manta, chullu, chalina, abrigo, bayeta, aguayo, encuña, tari, chalecos, pantalón, kapacho, reboso, qhañaña, sombrero, pollera, bolsa, rueca, juñi y wiska
	Herramientas para labores agrícolas	Costal de lana de oveja, cuero de oveja, mantel de lana de oveja, kurawa y canasta de paja

Según el Cuadro 10 en Santiago de Okola se expusieron 28 tipos de artesanías entre vestimentas y herramientas para las labores agrícolas. Entre las artesanías destinadas a la vestimenta de los agricultores se pudieron observar polleras, pantalones, chullus, wacas, ponchos, mantas, rebosos, chalinas, camisas, fajas y tullmas que en su mayoría fueron elaborados con lana de oveja. Asimismo, se mostraron herramientas utilizadas en las labores agrícolas como costales para traslado y almacenado de semillas, taris, wiskas, sogas, aguayos y faja para asno.

Cuadro 10. Artesanías expuestas en la comunidad Santiago de Okola (2009-2010).

Año	Artesanías	Santiago de Okola
2009	Vestimenta	Cama de lana de oveja, pollera de lana de oveja, pantalón de lana de oveja, chullu, waca y poncho
	Herramientas para labores agrícolas	Mantel de lana de oveja, costal de oveja, tari, wiska, kurawa y wichuña
2010	Vestimenta	Pollera, manta, reboso, poncho, chalina, camisa, pantalón, faja y tullma
	Herramientas para labores agrícolas	Costal de oveja, costal de llama, kurawa, soga, faja para asno, aguayo y tari

Generalmente estas artesanías son elaboradas entre los meses de junio a septiembre, que son meses donde no hay mucha actividad en las chacras. Como se observa en los Cuadros 9 y 10, la mayoría de las artesanías expuestas son utilizadas en la vestimenta de hombres y mujeres, y en menor proporción herramientas para labores agrícolas. La realización de concursos ha promovido que los agricultores encuentren una alternativa económica a las artesanías ya que estas pueden ser comercializadas en este tipo de eventos y también a turistas que visitan las comunidades.

Lecciones aprendidas

Las ferias y concursos se constituyen en escenarios para recuperar materiales y compartir información. Algunas fueron realizadas por primera vez y ahora se constituyeron en eventos anuales, como es la "Feria de Biodiversidad y Arte Popular Andino", que se realiza anualmente en Tiwanaku los días 20- 21 de junio como parte de la ´Fiesta del Año Nuevo Aymara´ y se organiza a la cabeza del Gobierno Municipal de Tiwanaku.

Las ferias y concursos contribuyen a mostrar y difundir la riqueza de cultivos y variedades que poseen las comunidades, así como los avances tecnológicos de los agricultores, la agroindustria y las instituciones que

trabajan con estos cultivos y en particular con los granos andinos. Estos tipos de eventos, fortalecen las relaciones de reciprocidad entre productores y otros actores de las cadenas productivas (producción-agroindustria-comercialización).

Las ferias y concursos desempeñan un papel estratégico para los programas de conservación *in situ* porque a través de estos espacios se pueden hacer reconocimientos a agricultores que mantienen y conservan grandes cantidades de especies y variedades; también debido a que mantienen sus conocimientos asociados a la diversidad cultivada y son reconocidos y respetados ampliamente por otros agricultores.

Con el desarrollo de los concursos de agrobiodiversidad se ha logrado preparar un inventario de las variedades locales cultivadas y conservadas por agricultores de las comunidades de Coromata Media y Santiago de Okola. Con esta información es posible identificar variedades raras o en peligro de extinción, las cuales deben ser priorizadas en programas de conservación *ex situ* e *in situ* para no perderlas.

La exposición de productos transformados ha permitido revalorar y recuperar el conocimiento tradicional sobre preparados tradicionales y difundir la existencia de nuevos alimentos elaborados con recetas fáciles de preparar.

La participación de las mujeres en las ferias y concursos contribuye a recuperar los conocimientos tradicionales asociados a las cualidades culinarias de los cultivos y a sus diversas formas de uso en el campo alimenticio, medicinal, y ritual.

Es importante la participación de la niñez y la juventud de las comunidades en las ferias y concursos ya que de esa forma se puede lograr mejores resultados para la concientización de la importancia de la conservación de los cultivos andinos.

Bibliografía

Guzmán J, Mamani F, Rojas W. 2002. Feria y visita de intercambio de germoplasma de cañahua y quinua en comunidades rurales. En: Informe Técnico Anual. 2001-2002 (Año 1) Componente Bolivia. Proyecto "Elevar la contribución que hacen las especies olvidadas y subutilizadas a la seguridad alimentaria y a los ingresos de la población de escasos recursos". IPGRI - IFAD, Fundación PROINPA. La Paz, Bolivia. pp. 6-9.

Guzmán L. 2003. Feria de diversidad, uso e intercambio de germoplasma de amaranto. En: Informe Técnico Anual. 2002-2003 (Año 2) Componente Bolivia. Proyecto "Elevar la contribución que hacen las especies olvidadas y subutilizadas a la seguridad alimentaria y a los ingresos de la población de escasos recursos". IPGRI-IFAD, Fundación PROINPA. La Paz, Bolivia. pp. 1-3.

Guzmán L. 2004. Feria y visita de intercambio de germoplasma de amaranto entre comunidades. En: Informe Técnico Anual. 2003-2004 (Año 3) Componente Bolivia. Proyecto "Elevar la contribución que hacen las especies olvidadas y subutilizadas a la seguridad alimentaria y a los ingresos de la población de escasos recursos". IPGRI-IFAD, Fundación PROINPA. La Paz, Bolivia. pp. 1-4.

Mamani E, Rojas W. 2009. Concursos de agrobiodiversidad de cultivos andinos en las comunidades de Coromata Media y Santiago de Okola. En: Informe Técnico Anual. 2009. Proyecto "Elevar la contribución que hacen las especies olvidadas y subutilizadas a la seguridad alimentaria y a los ingresos de la población de escasos recursos". NUS - IFAD, Fundación PROINPA. La Paz, Bolivia. pp. 119-129.

Mamani E, Flores J, Rojas W. 2008. Concursos de agrobiodiversidad de cultivos andinos en las comunidades de Coromata Media y Santiago de Okola. En: Informe Técnico Anual. 2007-2008. Proyecto "Elevar la contribución que hacen las especies olvidadas y subutilizadas a la seguridad alimentaria y a los ingresos de la población de escasos recursos". IPGRI-IFAD, Fundación PROINPA. La Paz, Bolivia. pp. 94-102.

Marin W, Rojas W, Soto JL, Mamani F. 2003. Feria de Biodiversidad Uso y Tecnología de Cañahua y Quinua. En: Informe Técnico Anual. 2002-2003 (Año 2) Componente Bolivia. Proyecto "Elevar la contribución que hacen las especies olvidadas y subutilizadas a la seguridad alimentaria y a los ingresos de la población de escasos recursos". IPGRI - IFAD, Fundación PROINPA. La Paz, Bolivia. pp. 4-8.

Marin W, Rojas W, Soto JL, Choque M. 2004. Feria de biodiversidad y visita de intercambio de germoplasma de cañahua y quinua. En: Informe Técnico Anual. 2003-2004 (Año 3) Componente Bolivia. Proyecto "Elevar la contribución que hacen las especies olvidadas y subutilizadas a la seguridad alimentaria y a los ingresos de la población de escasos recursos". IPGRI - IFAD, Fundación PROINPA. La Paz, Bolivia. pp. 5-18.

Pinto M. 2002. Análisis de la variabilidad genética del germoplasma de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) circundante al Lago Titicaca. Tesis de grado Facultad de Agronomía Universidad Mayor de San Andrés La Paz, Bolivia, pp. 43-44.

Rojas W, Pinto M, Soto JL. 2004. Genetic erosion of cañahua. LEISA Magazine on Low External Input and Sustainable Agriculture. March 2004. Volume Nº 20.

Rojas W, Pinto M, Soto JL. 2003. Estudio de la variabilidad genética de quinua en el área circundante al Lago Titicaca. En Informe Anual 2002-2003 Proyecto Producción sostenible de la quinua. Fundación McKnight - Fundación PROINPA. La Paz, Bolivia, pp. 34-38.

VIII. Cerrando la brecha entre las prioridades de los productores y la de los investigadores: selección participativa de granos andinos

Milton Pinto[1], Vivian Polar[2], José Luis Soto[3], Wilfredo Rojas[4]
[1] Ing. Agr., Responsable Área Recursos Genéticos, Regional Altiplano, Fundación PROINPA; E- mail: m.pinto@proinpa.org
[2] Ing. Agr., M.Sc. Responsable Área Socieconomía y Género, Regional Altiplano, Fundación PROINPA; E- mail: v.polar@proinpa.org
[3] Ing. Agr., M.Sc. Trabajó en la Fundación PROINPA hasta diciembre de 2008; E- mail: josesoto1@yahoo.com
[4] Ing. Agr. M.Sc. Coordinador Regional Altiplano, Fundación PROINPA; E-mail: w.rojas@proinpa.org

La selección participativa de granos andinos y su tecnología son herramientas que surgen buscando integrar las prioridades de investigación definidas por los investigadores y las demandas y prioridades de los usuarios finales de la tecnología.

Introducción

A nivel internacional los enfoques, métodos y herramientas participativas surgen hacia fines de la década de los 70s como una respuesta a los desaciertos de los enfoques convencionales de investigación y desarrollo. La base fundamental de estos procesos participativos es el supuesto de que la gente que vive en una determinada condición comprende mejor que los expertos externos los elementos de contexto que los rodean y su propia situación (Chambers 1983).

En este marco, las evaluaciones participativas de tecnología son herramientas que surgen buscando cerrar la brecha entre las prioridades de investigación definidas por los investigadores, y las demandas y prioridades de los usuarios finales de la tecnología. Estas evaluaciones hacen posible la participación sistemática de agricultores en los procesos de investigación y desarrollo tecnológico, proporcionando espacios de diálogo donde se develan las prioridades y criterios de evaluación empleados por los agricultores.

En busca de promover el desarrollo y adopción de tecnología en los cultivos de cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) y quinua (*Chenopodium*

quinoa Willd.) por su valor estratégico para la seguridad alimentaria, se efectuaron evaluaciones participativas de tecnología en distintos lugares y con distintos grupos de agricultores evaluadores. Estas evaluaciones buscaban mejorar la comprensión sobre los criterios de adopción de los agricultores y trabajar con ellos para seleccionar material genético promisorio de quinua y cañahua. Paralelamente, la ejecución de las evaluaciones intentó promover el uso directo de accesiones del germoplasma de cañahua y quinua.

En el marco del proyecto "Especies Olvidadas y Subutilizadas" entre los años 2002 y 2004 se implementaron parcelas demostrativas en comunidades campesinas donde se pusieron en práctica una serie de técnicas de evaluación participativa. Estos trabajos permitieron conocer las preferencias y los criterios empleados por los agricultores al momento de adoptar una o varias tecnologías (accesiones y / o variedades promisorias).

Inclusión de 'lo participativo' en la investigación

En América Latina los enfoques participativos son introducidos a fines de los 60s y 70s por los trabajos de Paulo Freire y Orlando Fals Borda (Fals Borda 1985; Freire 1976). Los conceptos centrales de la investigación participativa con agricultores, desarrollados sobre la base del trabajo de Freire y Fals Borda entre otros pioneros, son:

- La ruptura de la polaridad sujeto-objeto;
- El rechazo a la adquisición pasiva del conocimiento, favoreciendo los procesos dinámicos de generación conjunta del conocimiento;
- El aprendizaje continuo a través de ciclos sucesivos de reflexión y acción;
- El desarrollo de una conciencia crítica por parte de los actores externos.

A nivel internacional el concepto de investigación participativa con agricultores fue introducido por Farrington y Martin (1987) como una alternativa a las limitaciones de los modelos de investigación convencionales. En este enfoque los agricultores dejan de ser receptores pasivos o sujetos de investigación, para convertirse en activos decisores, gestores y ejecutores del proceso. Paralelamente, es importante notar que existe una amplia diversidad de métodos y herramientas para la investigación participativa que puede resultar desconcertante a un inicio, pero está claro que ningún enfoque por si solo puede responder a las múltiples realidades existentes en una sociedad (Selener 1997).

Las evaluaciones participativas de tecnología son herramientas metodológicas que permiten capturar de manera sistemática el conocimiento, prácticas y preferencias de los agricultores respecto a diferentes alternativas tecnológicas. En América Latina las experiencias desarrolladas en CIAT[25] (Ashby 1992) y CIMMYT[26] (Bellón 2001) entre otras, fueron extrapoladas en

[25] CIAT - Centro Internacional de Agricultura Tropical
[26] CIMMYT - Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo

la región, dando como resultado la adopción de estas herramientas por diversas instituciones de investigación y desarrollo.

En Bolivia, el país con mayor proporción de población indígena de América Latina[27] (BID-CELADE / CEPAL 2005) y con gran diversidad de culturas y pueblos indígenas[28] (CIDOB 2010; CONAMAQ 2010), el rescate del saber local y de las demandas y preferencias específicas de los agricultores, se convierte en una prioridad para la generación de tecnología apropiada y adecuada al contexto. Con este fin, se han validado y adaptado al contexto boliviano una serie de técnicas para la evaluación participativa de tecnología con agricultores (Gandarillas 2002).

Descripción de las técnicas de evaluación participativa empleadas

Los objetivos o productos esperados de la evaluación, al igual que el contexto y características del grupo evaluador son los criterios que determinarán la selección de una u otra técnica de evaluación en particular. En este caso se buscaba:

1) Conocer las preferencias de los agricultores respecto a variedades, líneas y accesiones;
2) Conocer los criterios de selección empleados por los agricultores (variables de evaluación);
3) Clasificar las variedades, líneas y accesiones en función a la preferencia de los agricultores. Por este motivo se empleó una combinación de las metodologías de "evaluación absoluta" y "orden de preferencias".

La *"evaluación absoluta"* evalúa la tecnología frente a una escala fija (o absoluta). El agricultor valora cada tecnología de manera independiente, expresando y justificando su agrado o desagrado (Gandarillas 2002). El rango en la escala de valoración puede ser variable pero para este caso en particular se emplearon tres opciones de respuesta (buena, regular y mala). Al final de cada valoración se profundiza en la justificación para identificar los criterios de evaluación empleados por el agricultor y el nivel de importancia de cada uno (Quiros *et al.* 1992). Para la tabulación de datos, a cada opción de la escala valorativa se le asignan puntajes que ayudarán a tabular los datos y al posterior análisis estadístico.

La *"evaluación por orden de preferencias"* es un método de evaluación relativa, porque evalúa cada alternativa tecnológica frente a otras (Gandarillas 2002). Los agricultores ordenan alternativas tecnológicas en función a su

[27] Según el Censo 2001, el 66.2% de la población de Bolivia es indígena

[28] Bolivia tiene 36 pueblos y naciones indígenas. La CIDOB "Confederación de Pueblos Indígenas de Bolivia" agrupa y representa a los 34 pueblos de Bolivia, y el CONAMAQ "Consejo Nacional de Ayllus y Markas del Qullasuyo" a las naciones y pueblos indígenas de tierras altas de Bolivia (Aymara y Quechua)

preferencia para luego profundizar en las razones por las cuales se prefieren unas alternativas más que otras (Guerrero *et al.* 1996) Esta justificación del orden permite conocer las prioridades de los agricultores y sobre todo los criterios de valoración no explícitos.

Procedimiento para aplicar las técnicas de evaluación participativa en quinua y cañahua

Las técnicas participativas descritas se aplicaron en momentos claves del ciclo productivo de la quinua y la cañahua, pero para que las evaluaciones sean efectivas fue necesario implementar la metodología desde el contacto con los agricultores hasta la entrega de las semillas a los agricultores colaboradores de la actividad; este proceso se detalla a continuación:

1) **Identificación y selección de comunidades**
   Se inicia con la identificación y selección de comunidades tradicionalmente conservadoras y / o con potencial para la producción de quinua y cañahua. En la selección también se debe considerar el grado de motivación e interés de los agricultores para participar en los procesos productivos de estos cultivos.

2) **Contacto con agricultores**
   Una vez identificados los sitios y respetando las costumbres locales se toma contacto con las autoridades de las comunidades (sindicales u originarias), para luego en reunión ampliada, informar a los agricultores cuales son los objetivos de la actividad y los beneficios que se tendrán, aclarando que la participación es voluntaria y sin condición alguna. Las personas interesadas se comprometen a participar en la siembra, labores culturales, cosecha, poscosecha y en las evaluaciones programadas.

3) **Implementación de parcelas de evaluación**
   Consiste en la siembra del material genético de quinua o cañahua siguiendo las recomendaciones técnicas para cada especie (siembra en surcos y a chorro continuo). Cada accesión o variedad se distribuye en franjas, una a continuación de la otra en terreno cedido por la comunidad. Los agricultores participan activamente en el establecimiento de las parcelas de evaluación.

4) **Acompañamiento en labores de cultivo**
   Los agricultores y técnicos son los encargados del manejo del cultivo. Según sea el caso, se realizan labores de cultivo como: *desmalezado* o *deshierbe*, que consiste en la eliminación de malezas y residuos del cultivo

anterior; *fertilizaciones* a base de compuestos orgánicos de aplicación foliar o de incorporación al suelo; *purificado* que consiste en la eliminación de plantas atípicas a la variedad o accesión y; *controles fitosanitarios* aplicando productos orgánicos o inorgánicos si existen plagas o enfermedades. Se recomienda en esta fase acompañar con capacitaciones sobre el manejo técnico de la quinua y la cañahua que incluyen los pasos descritos anteriormente.

5) Evaluación participativa en fase de floración

En coordinación con el grupo de interés se identifica y se elige a agricultores evaluadores (varones y mujeres), comunicativos, colaboradores, y con conocimientos sobre el cultivo. Generalmente se seleccionan 10 agricultores evaluadores por comunidad los cuales son los encargados de calificar y dar opiniones de agrado o desagrado sobre las plantas de quinua o cañahua en desarrollo. En esta fase del cultivo se utiliza la técnica de 'evaluación absoluta', que adaptado a las condiciones de los cultivos, tiene el siguiente procedimiento:

a) Explicación de los objetivos de la evaluación: al inicio los técnicos explican los objetivos y la metodología a utilizarse haciendo énfasis en la importancia que tiene la opinión de los agricultores en la selección de accesiones y variedades de quinua o cañahua, reiterando su neutralidad en todo el procedo de evaluación.
b) Observación y selección: los agricultores tienen la oportunidad de observar individualmente las características morfológicas de las plantas en desarrollo de cada variedad o accesión.
c) Calificación: en esta fase de evaluación solo interactúan el agricultor evaluador y el técnico que registra en una planilla los criterios vertidos por el agricultor. El agricultor manifiesta su posición de agrado o desagrado sobre las variedades, líneas o accesiones de quinua o cañahua, a través de tres opciones de respuesta: buena, regular y mala. La opción 'buena' se representa por una *carita feliz* y se le asigna un valor de 5 puntos; la opción 'regular' se simboliza por una *carita seria* y se le otorga 3 puntos; y la opción 'mala' se representa por una *carita triste* se le da 1 punto (Ashby 1992). Luego el agricultor procede a dar sus opiniones positivas o negativas de la misma, y estos criterios son anotados en la planilla. Es importante indicar que el técnico que registra la información no puede inducir a las respuestas en ningún momento. Se procede de la misma forma con los 10 agricultores evaluadores, y los que ya evaluaron el material genético deben ubicarse en lugar distante a los que aún no evaluaron para evitar sesgos en los resultados.

d) Tabulación y presentación de resultados: es común que este tipo de actividad genere expectativa entre los agricultores por conocer los resultados finales; por ello, se debe realizar la tabulación de resultados inmediatamente después de la evaluación. Los técnicos deben proceder con la sumatoria de valores asignados a cada variedad o accesión y luego identificar aquellas que registraron los mayores valores juntamente con los criterios a favor o en contra. Finalmente, se tiene un momento para los comentarios entre técnicos y agricultores evaluadores.

6) Cosecha y trilla

Esta es la etapa más esperada por los agricultores de quinua y cañahua. La cosecha se realiza en forma manual cuando las variedades o accesiones alcanzan la madurez fisiológica. Luego de permanecer en secado por tres semanas, se procede con la trilla manual, cernido del grano, y finalmente la limpieza del material (venteo). En todas las actividades se debe tener cuidado de evitar mezclas mecánicas entre variedades. El producto de cada variedad o accesión se coloca en bolsas individuales del mismo tamaño con el propósito de comparar las cantidades obtenidas.

7) Evaluación participativa en grano

Para esta evaluación también se identifican y eligen al menos 10 agricultores evaluadores (varones y mujeres), y se recomienda utilizar la técnica de evaluación 'orden de preferencias' que tiene los siguientes pasos:

a) Explicación de los objetivos de la evaluación: es importante que los técnicos expliquen claramente los objetivos y la metodología de la evaluación, recordando la importancia que tienen sus opiniones para identificar las mejores variedades o accesiones para su comunidad.

b) Observación: el técnico debe invitar al agricultor evaluador a ver y comparar las características de los granos obtenidos de cada accesión o variedad, se observa el tamaño, color, sabor, olor e inevitablemente el rendimiento comparando las cantidades disponibles. Por esta razón, es importante que los granos estén en bolsas del mismo tamaño al momento de la evaluación. No se debe olvidar que esta evaluación es individual, por lo que debe realizarla un agricultor a la vez.

c) Ordenamiento del material evaluado: el agricultor debe ordenar las bolsas de las variedades o accesiones evaluadas, desde la mejor a la peor según su preferencia. En algunas ocasiones se utilizan cartulinas numeradas para dar el orden correspondiente.

d) Definición de criterios de preferencia: una vez ordenado el material evaluado, se le pide al agricultor que mencione las razones de su ordenamiento, comenzando con la variedad que ocupó el primer lugar, luego el segundo y así sucesivamente hasta concluir con aquellas menos preferidas. Toda la información se registra en las planillas para este tipo de evaluación.

e) Tabulación y presentación de resultados, Los técnicos deben realizar la cuantificación de la frecuencia de posicionamiento de cada variedad, es decir, que la variedad que tenga mayor frecuencia de ocupar el primer lugar será la más preferida (Ashby 1992). Finalmente, se tiene un momento para los comentarios entre técnicos y agricultores evaluadores.

8) Evaluación participativa de preparados alimenticios

Para determinar la aptitud culinaria de las variedades o accesiones se realiza la evaluación culinaria que consiste en la elaboración de 1 a 3 preparados tradicionales o no tradicionales con los granos en evaluación. Es muy importante que en este tipo de evaluación el procedimiento de elaboración de los preparados sea el mismo en todos los casos. La técnica de evaluación utilizada para estos casos es la de 'Orden de preferencias' detallado anteriormente.

9) Distribución de semillas

En esta parte de la actividad se congrega a los agricultores que han colaborado en el proceso de producción de la quinua y cañahua. Las autoridades comunales en presencia de los técnicos, son los encargados de distribuir la semilla de quinua y / o cañahua en forma equitativa entre los agricultores colaboradores. Inicialmente, se distribuyen las semillas de aquellas variedades o accesiones que resultaron ser las 3 o 4 mejores para las condiciones de la comunidad, con el compromiso de que se siembren en las próximas gestiones agrícolas. Las semillas que no fueron seleccionadas, también son distribuidas principalmente para el consumo familiar.

El contexto y el material evaluado

Este estudio se realizó en siete comunidades situadas en tres provincias del departamento de La Paz (Cuadro 1).

Cuadro 1. Ubicación de comunidades en las que se realizaron evaluaciones participativas (2002-2004).

Departamento	Provincias	Comunidades
La Paz	Aroma	Pomposillo Vitu Calacachi
	Ingavi	Jalsuri San Pedro - San Pablo Tacaca Kalla Arriba
	Omasuyos	Chahuira Chico

El material evaluado corresponde a accesiones líneas y variedades mejoradas del Banco de Germoplasma de Granos Andinos. En dos campañas agrícolas (2002-2003 y 2003-2004) se establecieron ocho parcelas demostrativas para quinua y seis para cañahua (Cuadro 2), todos en campos de agricultores en comunidades campesinas donde se evaluó el material vegetativo (Soto *et al.* 2003; Soto *et al.* 2004).

Cuadro 2. Detalle de comunidades y material genético evaluado con participación de agricultores (2002-2004).

Cultivo	Comunidades	Material genético		
		Accesiones	Variedades	Líneas
Quinua	Jalsuri San Pedro - San Pablo Kalla Arriba Chahuira Chico Vitu Calacachi Pomposillo Tacaca	0547 0533 2031 1750 2516 2411 1667	Chucapaca Sayaña Intinaira Surumi	L-26
Cañahua	Jalsuri San Pedro - San Pablo Tacaca Chahuira Chico Kalla arriba	081 153 300 370 472 476		QS-02 QLA-03 QLA-04 QLR-01

Que resultados se obtuvieron

A continuación se presentan los resultados ordenados por cultivo y fase de evaluación.

1. Cultivo de la cañahua

1.1. Evaluación en fase de floración

La evaluación en esta fase del cultivo se realizó con 40 agricultores de seis comunidades del altiplano centro y norte: Jalsuri, San Pedro y San Pablo, Kalla Arriba, Chahuira Chico, Koruyo y Purapurani (Figura 1). Los criterios de preferencia vertidos por los agricultores como resultado de la evaluación absoluta aplicada a las accesiones y líneas de cañahua, muestran que la accesión 300 ocupó el primer lugar, seguida de las accesiones 476, 081 y 472 (Soto *et al.* 2003). Las características que destacan los evaluadores son: el buen crecimiento de plantas, facilidad para cosechar, buena cantidad de ramas y hojas, maduración temprana, grano de color blanco y color de la planta.

Cuadro 3. Criterios sobre características agromorfológicas evaluados en plantas de cañahua en comunidades del altiplano centro y norte de Bolivia

Orden	Accesiones	Criterios
Primero	300	Buen crecimiento de plantas (uniforme), fácil cosechar (tipo 'saihua')
Segundo	476	Altura de planta, buenas ramas y hojas, grano blanco bueno para pito
Tercero	081	Tamaño planta mediano, madura rápido, fácil de cosechar (tipo 'saihua')
Cuarto	472	Crecimiento mediano, madura rápido (precocidad), color atractivo (rojo)

Figura 1. Evaluación participativa de cañahua en la comunidad San Pedro y San Pablo.

Entre los criterios positivos resaltados por los agricultores se destaca el interés que muestran por plantas de buen porte o tamaño de planta de mediano a grande (25 a 35 cm de altura), preferentemente de hábito de crecimiento tipo 'saihua' por la facilidad que ofrecen al momento de la cosecha. También destacan la precocidad del cultivo porque les permite asegurar la producción debido a que no son afectados por factores como heladas y granizadas, la característica de color de la planta fue destacada más por las mujeres quienes en muchos casos utilizan sus extractos para tintes; así también destacaron la cantidad de ramas y hojas, especialmente porque pueden tener un uso forrajero para la alimentación de animales.

1.2. Evaluación en grano

Luego de que el material genético fuera trillado y venteado, se procedió con la evaluación de 'Orden de preferencias' del grano, con el apoyo de los mismos agricultores que participaron en la evaluación en fase de floración.

Cuadro 4. Probabilidad de aceptación de tres accesiones y una línea de cañahua en comunidades del altiplano centro y norte de Bolivia.

Accesiones / Línea de cañahua	Frecuencia	Orden de preferencia	Probabilidad de Aceptación (%)
476	6	1°	85.71
472	4	2°	57.14
300	4	3°	57.14
QLA - 03	6	4°	85.71

Según el Cuadro 4, la accesión 476 ocupó el primer lugar en la preferencia de los agricultores con un 85.71% de probabilidad de aceptación, destacándose los atributos de grano grande y de color blanco, características que favorecen la elaboración de pito (criterio que mayormente ha sido resaltado por las mujeres). Las accesiones que siguen en orden de preferencia son la 472 y 300 con 57.14% de probabilidad de aceptación y finalmente la línea QLA - 03 que ocupó el cuarto lugar (Soto *et al.* 2003).

Las curvas presentes en la Figura 2 confirman los resultados descritos en el Cuadro 4, en donde la curva de la accesión 476 se encuentra por encima de las demás curvas debido a que fue la más preferida por los agricultores con una probabilidad de aceptación superior al 80%, entre tanto, las curvas para las accesiones 472 y 300 muestran una proyección similar pero con distintas probabilidades de aceptación, indicando una mayor preferencia para la accesión 472. Por el contrario, la curva de la línea QLA - 03 se encuentra por debajo de las restantes curvas debido a su menor probabilidad de aceptación, ocupando el cuarto lugar.

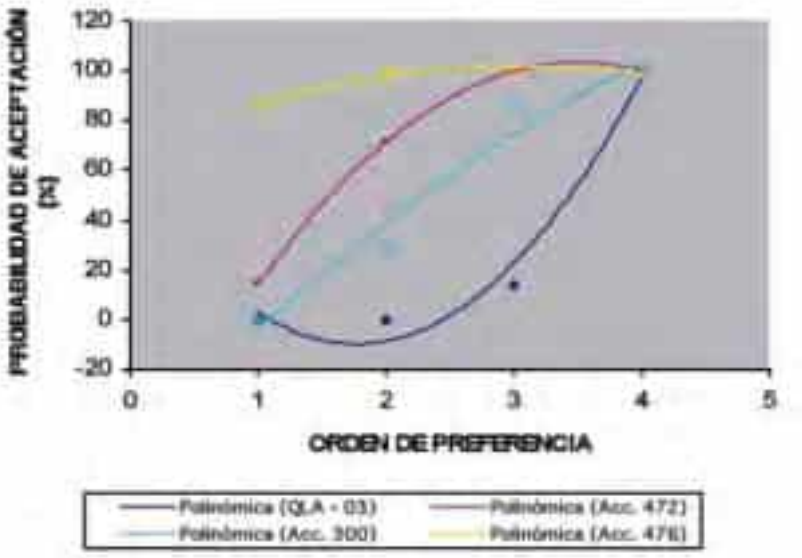


Figura 2. Graficas de probabilidades de aceptación para tres accesiones y una línea de cañahua, comunidad San Pedro y San Pablo, Provincia Ingavi, La Paz.

Figura 3. Evaluación de las características del grano.

2. Cultivo de la quinua

2.1. Evaluación en fase de floración

Los resultados de la aplicación de la técnica de ´evaluación absoluta´ en cuatro comunidades del altiplano norte y centro se muestran en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Criterios sobre características agromorfológicas evaluados en plantas de quinua en comunidades del altiplano centro y norte de Bolivia.

Lugar	Orden/Variedad	Criterios
Altiplano Central	1° var. *Chucapaca*	Buen tamaño de plantas
		Crecimiento uniforme
		Panoja grande y bien cargada
	2° var. *Sayaña*	Plantas grandes
		Panoja grande
		Madura rápido y uniforme
	3° var. *Intinaira*	Tamaño de planta mediano
		Panoja regular (poco cargada)
		Ataca el pájaro (dulce)
Altiplano Norte	1° var. *Chucapaca*	Buen tamaño de planta, desarrollo uniforme
		Panoja grande
		Resistente a helada
		Tarda en madurar
	2° Línea L - 26	Crecimiento bueno
		Panoja cargada de grano
		Tarda en madurar
		Es amarga
	3° Accesión 1750	Planta de porte mediano
		Tarda mucho en madurar
		Panojas medianas poco cargadas
		Color bonito (atractivo)
	4° Accesión 1667	Plantas medianas
		Panojas medianas
		Madura antes (precocidad)

En el caso del altiplano central, la evaluación de las características morfológicas de plantas se realizó con la participación de 16 agricultores de las comunidades de Pomposillo y Vitu Calacachi de la provincia Aroma del departamento de La Paz.

De acuerdo a los criterios mencionados por los agricultores, la variedad *Chucapaca* ocupó el primer lugar, seguida de las variedades *Sayaña* e *Intinaira.* Las características positivas que destacan los evaluadores son el tamaño y crecimiento uniforme de las plantas, tamaños grandes de panojas y que estén bien cargadas, también resaltan a las variedades precoces, si bien las variedades dulces son apreciadas porque no se tienen que lavar mucho para remover la saponina; la desventaja es el ataque de aves que causan pérdidas considerables en el rendimiento esperado.

Esta misma técnica de ´evaluación absoluta´ se realizó en las comunidades del altiplano norte: Jalsuri, San Pedro y San Pablo, Tacaca y Chahuira Chico ubicadas en la provincia Ingavi del departamento de La Paz. Como resultado de criterios positivos vertidos por 20 agricultores evaluadores para la selección de accesiones y variedades de quinua, se determinó que la variedad *Chucapaca* es la más preferida ocupando el primer lugar, seguida de la línea (L-26) y las accesiones 1750 y 1667 (Soto *et al.* 2003; Soto *et al.* 2004), los criterios que se destacan son relacionado a tamaño de planta, panojas grandes, precocidad y coloración de la planta (Cuadro 5).

2.2 Evaluación en grano

Se aplicó la técnica 'orden de preferencias' con el apoyo de los mismos agricultores evaluadores con los que se trabajó en fase de floración. Los resultados de la evaluación en grano muestran que son otras las variedades aceptadas y seleccionadas por los agricultores en comparación a los resultados de la evaluación realizada en fase de floración. Las tendencias de aceptación están asociadas al rendimiento, color claro y tamaño grande del grano de quinua. Sin embargo, un aspecto importante que se determinó en las evaluaciones es que los agricultores asocian y asignan mayor importancia al rendimiento de la variedad que al tamaño de grano.

Según el Cuadro 6, en las comunidades del altiplano central la línea L-26 y la variedad *Chucapaca* fueron las más preferidas por los agricultores evaluadores con probabilidades de aceptación del 75% y 50%, respectivamente, es decir, que 12 de 16 agricultores clasificaron a la línea L-26 como la mejor entre todas. Las variedades *Intinaira* y *Surumi* ocuparon el segundo lugar en preferencia con la misma probabilidad de aceptación (62.50%), aunque con frecuencias distintas. Finalmente, 12 de 16 agricultores (75%) clasificaron a la variedad *Sayaña* en el último lugar de preferencia.

En la comunidad San Pedro - San Pablo del altiplano norte participaron ocho agricultores evaluadores, y los resultados presentados en el Cuadro 6 y Figura 4, muestran que los agricultores tuvieron preferencia por otras variedades de quinua en comparación con las registradas por agricultores del altiplano central.

Cuadro 6. Probabilidad de aceptación de tres accesiones, cuatro variedades y una línea de quinua en comunidades del altiplano centro y norte de Bolivia

Lugar	Variedades de quinua	Frecuencia	Orden de preferencia	Probabilidad de Aceptación (%)
Pomposillo y Vitu Calacachi (Altiplano Central)	L - 26	6	1°	75.00
	Chucapaca	4	1°	50.00
	Intinaira	3	2°	62.50
	Surumi	4	2°	62.50
	Sayaña	6	3°	75.00
San Pedro - San Pablo (Altiplano Norte)	Patacamaya	6	1°	85.71
	Acc. 2031	3	2° y 3°	85.71
	Chucapaca	3	4°	57.14
	Acc. 2516	5	4°	100.00
	Acc. 0547	3	5°	100.00

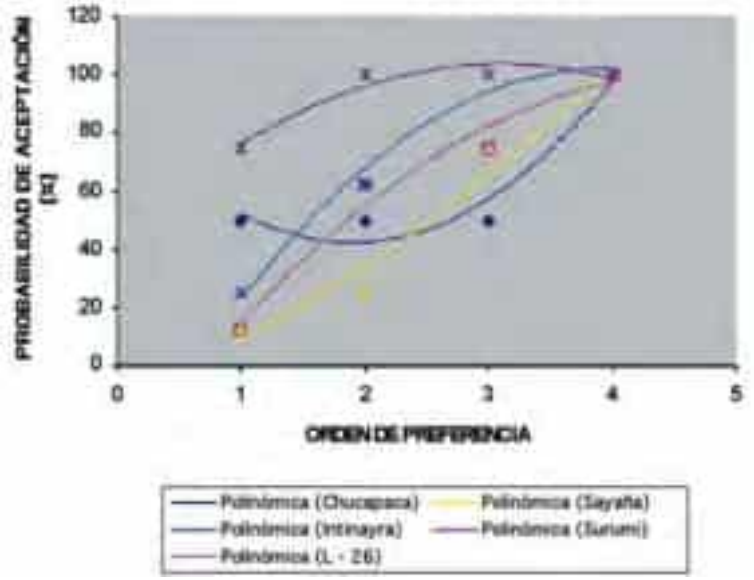


Figura 4. Graficas de probabilidades de aceptación para cuatro accesiones y una línea de quinua en Pomposillo y Vitu Calacachi (altiplano central).

En esta comunidad, 6 de 8 agricultores ubicaron a la variedad *Patacamaya* en primer lugar de preferencia con una probabilidad de aceptación del 85.71%, seguida de la accesión 2031 con 85.71% de probabilidad de aceptación para el segundo y tercer lugar, mientras que la variedad *Chucapaca* y la accesión 2516 ocuparon el cuarto lugar en la preferencia de aceptación con distintas probabilidades. Finalmente, la accesión 0547 ocupó el último lugar en la preferencia de los agricultores (Soto *et al.* 2004).

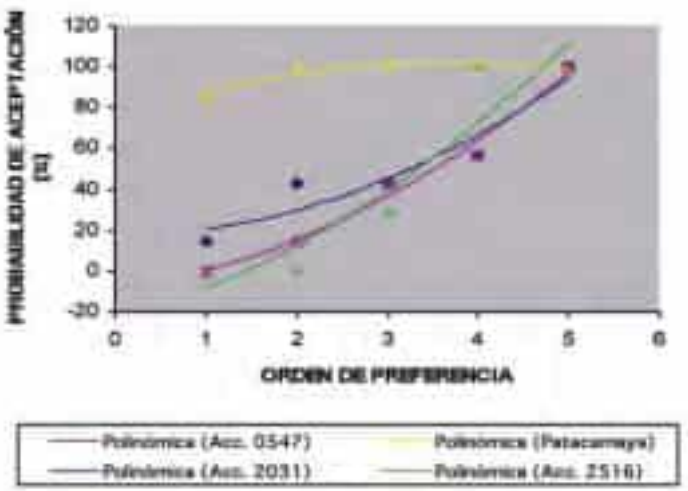


Figura 5. Gráficas de probabilidad de aceptación para tres accesiones y dos variedades de quinua en San Pedro y San Pablo (altiplano norte)

La Figura 5 se muestra las proyecciones de las curvas de aceptación ajustadas para la comunidad San Pedro - San Pablo, pudiéndose apreciar que la mayor probabilidad de aceptación la tuvo la variedad *Patacamaya* en 85% de los evaluadores; más abajo y con similares probabilidades de aceptación se encuentran las accesiones 2031, 2516 y 0547.

2.3 Evaluaciones culinarias

La evaluación de las propiedades culinarias de la quinua se realizó en la comunidad de Pomposillo usando la técnica de evaluación por ´orden de preferencias´. Los resultados de la evaluación culinaria muestran que para la preparación de "p'esque"[29], la variedad *Intinayra* es la preferida. Los

[29] Preparado de quinua entera cocida en agua a manera de una polenta. Puede venir aderezada con leche, queso y/o algún preparado de ají

criterios empleados por los degustadores fueron sabor, color, textura y velocidad de cocimiento. Según los criterios mencionados por los degustadores, la variedad *Intinayra* tenía el sabor más agradable, el color blanco preferido por los consumidores, y el preparado resultante tenía una textura suave.

Paralelamente, las amas de casa que formaron parte del grupo de degustadores valoraron positivamente la suavidad del grano en el preparado como resultado de una rápida y total cocción de los granos. Por otro lado, para la preparación de "quispiña"[30] se destacó la variedad *Sayaña*. Los criterios mencionados por los degustadores fueron el sabor, la textura del preparado y la coloración. La quispiña preparada con la variedad *Sayaña* tenía, a juicio de los degustadores, un sabor dulce y agradable, textura suave favorable para el preparado, y coloración blanquecina que le da mejor aspecto al producto.

Figura 6. Degustación de preparados elaborados con diferentes variedades de quinua.

Lecciones aprendidas

A partir de la información recopilada a través de las evaluaciones participativas de accesiones, líneas y variedades de quinua y cañahua, se ha podido advertir que un factor que influye marcadamente en los criterios de evaluación y las prioridades de los agricultores es el uso final del producto.

En el caso de cañahua por ejemplo, cuando se evaluaba el material en fase de floración, los agricultores valoraban positivamente la densidad del follaje (cantidad de tallos y hojas) pensando en la posibilidad de usar ese material para la alimentación animal.

[30] Preparado de harina de quinua cocido al vapor que asemeja a una galleta o un pan no leudado

De igual manera las mujeres observaban la intensidad de los colores por la posibilidad de usar el material para la elaboración de tintes naturales. Al realizarse la evaluación en grano los criterios varían tomando en cuenta principalmente el tamaño y color del grano.

Sin embargo, cuando se evalúa la calidad culinaria, predominan el color y el sabor. En líneas generales, se observa que en diferentes momentos los criterios de evaluación son distintos. Es posible que una variedad se comporte muy bien bajo criterios convencionales (rendimiento, color de grano), pero puede que no responda a la diversidad de usos que los agricultores le asignan. Es importante por tanto contar con una canasta de alternativas tecnológicas que puedan adaptarse a las necesidades específicas de los agricultores.

Para el caso de la quinua, los principales criterios valorados en etapa de floración fueron el tamaño de planta por la facilidad que confiere durante la cosecha, el tamaño de panoja como precursor de un alto rendimiento y la precocidad como factor que puede ayudar a reducir las pérdidas ocasionadas por factores abióticos como helada y granizo. Estos criterios están directamente ligados con la posibilidad de alcanzar mayores rendimientos.

Cuando la evaluación se realiza en grano, los criterios preponderantes son color y tamaño, pero cuando se hace una evaluación culinaria, los criterios tienen relación con el sabor, color y textura del producto final. Es así que se observa que variedades evaluadas hacia el final de una escala de prioridades en un tipo de evaluación determinada, pueden resultar como preferidas en otra evaluación. Estas diferencias ayudaron a promover la adopción de mayor número de variedades.

Los agricultores involucrados en los procesos de evaluación manifestaron posteriormente interés por usar algunas de las variedades empleadas en las evaluaciones participativas. Muchos de ellos se llevaron semilla para replicar en campañas sucesivas. Esto muestra que es posible promover el uso de la variabilidad genética de quinua y cañahua por medio de evaluaciones participativas.

Por otro lado, la información recopilada sobre los criterios de evaluación usados por los agricultores y sus preferencias tecnológicas de acuerdo al uso, son un insumo importante para reorientar los programas de mejoramiento genético.

Finalmente, incluir a otros actores de la cadena productiva en este tipo de evaluaciones puede ayudar a identificar material genético específico para las distintas necesidades y demandas, ayudando así a incrementar el uso de estos cultivos.

Bibliografía

Ashby JA. 1992. Manual para la evaluación de tecnologías con productores. Proyecto de Investigación Participativa en Agricultura (IPRA), Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 102 p.

Bellón MR. 2001. Participatory research methods for technology evaluation: a manual for scientists working with farmers. Mexico D.F. CIMMYT.

BID-CELADE / CEPAL. 2005. Los pueblos indígenas de Bolivia: diagnóstico sociodemográfico a partir del censo del 2001. Documentos de Proyectos, Santiago, Chile.

CIDOB. 2010. Disponible en URL: http: / / www.cidob-bo.org / index.php?option=com_content&task=view&id=12&Itemid=41

CONAMAQ. 2010. Disponible en URL: http: / / conamaq.org / index.php?option=com_content&view=article&id=1&Itemid=6

Chambers R. 1983. Rural development: putting the last first. London, Longman.

Gandarillas E. 2002. Cómo escoger técnicas para evaluar alternativas tecnológicas con la participación de agricultores. Ficha Técnica # 7. Fundación PROINPA. Cochabamba, Bolivia.

Guerrero M, Ashby J, García T. 1996. Evaluación de tecnología con productores: ordenamiento de preferencias. Unidad de Instrucción # 2. Proyecto IPRA - CIAT, Cali, Colombia.

Fals Borda O. 1985. Knowledge and people's power. New Delhi, Indian Social Institute.

Farrington J, Martin A. 1987. Farmer participatory research: A review of concepts and practices. Agricultural Administration Network. Discussion Paper 19. 88 p.

Freire P. 1976. Education, the practice of freedom. Winters and Readers Publishing Cooperative. London.

Quiros CA, Garcia T, Ashby JA. 1992. Evaluaciones de tecnología con productores: metodología para la evaluación abierta. Unidad de Instrucción # 1. Proyecto IPRA - CIAT, Cali, Colombia.

Selener D. 1997. Participatory action research and social change. The Cornell Participatory Action Research Network, Ithaca, New York, Cornell University. 358 p.

Soto JL, Pinto M, Rojas W. 2003. Evaluación participativa y selección de accesiones de cañahua y variedades de quinua con agricultores de comunidades del altiplano centro y norte. En: Informe Técnico Anual 2002-2003. Año 2. Proyecto "Elevar la contribución que hacen las especies olvidadas y subutilizadas a la seguridad alimentaría y a los ingresos de la población rural de escasos recursos". IPGRI-IFAD, Fundación PROINPA. La Paz, Bolivia. pp. 45-53.

Soto JL, Pinto M, Rojas W. 2004. Evaluación participativa de quinua y cañahua en los altiplanos centro y norte de Bolivia. En: Libro Resúmenes XI Congreso Internacional de Cultivos Andinos. 4-6 de Febrero del 2004. Cochabamba, Bolivia. pp. PA - A - 1.

IX. Tecnología del cultivo de granos andinos

José Luis Soto Mendizábal
Ing. Agr., M.Sc. Trabajó en la Fundación PROINPA hasta diciembre de 2008; E-mail: josesoto1@yahoo.com

En este capitulo se mencionan algunos datos importantes, zonas de cultivo, condiciones óptimas y labores culturales adecuadas para el cultivo de la cañahua, el amaranto y la quinua en Bolivia, indicando algunas variedades mejoradas y liberadas que ya existen.

Cañahua

Nombre científico

Chenopodium pallidicaule Aellen.
Familia botánica: Chenopodiaceae

Nombres comunes por países

Bolivia: cañahua, qañawa, iswalla, aara [aymara][31], kañawi, kañawa, kañahua, kañagua [quechua].
Perú: cañihua, qañiwa [quechua].

Altitud

3200 a 4300 m.s.n.m.

Zonas de cultivo

En el altiplano norte (provincias Pacajes, Ingavi Los Andes, Omasuyos y Camacho del departamento de La Paz), en el departamento de Oruro (provincias Cercado, Sabaya-Chipaya, Sajama, San Pedro de Totora, Nor Carangas y Tomás Barrón), en la zona alta del departamento de Cochabamba (provincias Bolívar, Independencia, Arque, Tapacari).

[31] [ ] = idioma

Requerimiento suelo
Franco, franco arenoso a franco arcilloso y con buen drenaje, pH de 4.8 a 8.5, tolerancia a salinidad.

Variedades
Kullaca e *Illimani*, son las primeras variedades de cañahua que fueron liberadas en el 2007 mediante Investigación Participativa por el equipo técnico de la Fundación PROINPA (Pinto *et al.* 2008). Sin embargo, los agricultores reconocen una serie de cultivares locales como *Chilliwa, Yuraj, Panty, Q'ellu kañawi* y *Ayrampu*, entre otros.

Ciclo del cultivo
110 a 180 días.

Preparación del suelo
Hacer la remoción del suelo a una profundidad de 20 a 30 cm con la ayuda de un arado de palo (jalado por una yunta). Por otro lado se recomienda realizar el desterronado y mullido de los terrones que quedan después de la aradura para favorecer a la rápida y uniforme germinación de las pequeñas semillas.

Rotación de cultivos
Se acostumbra a utilizar la papa como cabecera de rotación, y luego cañahua, cereal (cebada) y descanso.

Siembra
Tradicionalmente se realiza en forma directa en surcos a chorro continuo; en algunas zonas también se suele sembrar al voleo.

- Época: generalmente es al inicio de la época de lluvias (septiembre y octubre) pudiendo ampliarse hasta la tercera semana de noviembre (Santa Catalina), asociada sin embargo a la disponibilidad de humedad en el suelo.
- Densidad: 6 a 8 kilogramos por hectárea (siembra manual).
- Distanciamiento: Entre surco de 40 a 50 cm.

Labores culturales
Se recomienda realizar las siguientes labores culturales:

- Abonamiento: Por lo general no se acostumbra aplicar abono para la producción del cultivo porque se aprovecha el efecto residual del guano (estiércol) aplicado al cultivo anterior (papa). Sin embargo, se recomienda que al momento de la preparación del suelo se incorpore al menos unas 5 t/ha de estiércol descompuesto.

- Control de malezas: Lo recomendable es realizarlo en forma manual cuando las plantas alcanzan una altura de 10 cm, y cuando el suelo esté húmedo. Se eliminan las malas yerbas con el fin de reducir la competencia por nutrientes del suelo, luz y agua en los campos de cultivo.
- Sanidad: La cañahua es una planta que muestra resistencia a enfermedades, y solo en caso de presentarse excesivas lluvias cuando se ha detectado algunos ataques de mildiú. La presencia de plagas es de menor importancia en comparación a los demás cultivos comerciales, sin embargo se advierte la presencia de insectos tales como pulgones (*Myzus persicae*), escarabajo negro o "challu challu" (*Epicauta* sp.) (Tapia y Fries 2007).
- Cosecha y trilla: La época de cosecha empieza a fines de marzo y principios de abril (Semana Santa) dependiendo de las zonas de producción y la variedad empleada, y puede prolongarse hasta mayo. La cosecha se inicia con la labor de segado o corte de plantas, recomendándose la utilización de hoces; con las plantas cortadas se procede al emparvado, para así completar el secado de las plantas y el grano.

  La trilla por lo general se realiza en forma manual (tradicional) separando los granos de las inflorescencias; para ello se golpean las plantas sobre manteles con palos curvos (huajtanas), realizando luego el zarandeo para separar los granos de la broza. Finalmente se procede al venteo (limpieza) para separar los granos del resto de la cosecha.
- Almacenamiento: Para conservar la calidad del grano y evitar que se malogre, este debe almacenarse en ambientes secos, bien ventilados, en lo posible ubicar en almacenes o en silos, y en lugares inaccesibles a roedores.

Amaranto, millmi, coimi o kiwicha

Nombre científico

Amaranthus caudatus L.
Familia botánica: Amaranthaceae

Nombres comunes por países

Bolivia: millmi, coimi, coymi, yuyo, ayrampu (Cochabamba, Chuquisaca, Tarija).
Perú: kiwicha, coyo, achis, achita (Cuzco, Cajamarca, Ayacucho).
Ecuador: amaranto.

Altitud

Entre los 1800 a 3100 m.s.n.m.

Zonas de cultivo
Valles interandinos (en Cochabamba en las provincias Mizque, Punata, Arani, Capinota, Campero, Esteban Arce y Quillacollo; en Chuquisaca en las provincias Yamparaez, Tomina, Sudañez, Oropeza, y Padilla; Azurduy y Nor Cinti; en Tarija en la provincia Cercado), y en La Paz (Yungas).

Requerimiento suelo
Prefiere suelos francos, arenosos, con buen contenido de materia orgánica y con buen drenaje, pH de 6 a 7.5.

Variedades
Oscar Blanco y *Víctor Red*. Sin embargo los agricultores reconocen varios cultivares locales con base al color del grano: *negro, blanquita, rosada* y *cristalina.*

Ciclo del cultivo
130 a 180 días.

Preparación del suelo
Al tratarse de una semilla muy pequeña, el suelo debe estar adecuadamente preparado (desterronado y mullido); por ello se recomienda realizar arada, rastrada y surcada ya sea en forma tradicional con yunta o en forma mecanizada.

Rotación de cultivos
Se acostumbra rotar con maíz y leguminosas.

Siembra
Tradicionalmente se realiza en forma directa en surcos a chorro continuo. Otra alternativa es el establecimiento mediante el transplante que requiere dos fases: siembra y crecimiento en almacigo y luego el transplante a suelos previamente preparados.
- Época: Al inicio de la época de lluvias (septiembre y octubre).
- Densidad: 4 a 6 kilogramos por hectárea (siembra manual).
- Distanciamiento: Entre surco de 60-70 cm, entre planta de 10-12 cm.

Labores culturales
Se recomiendan las siguientes labores culturales:
- Abonamiento: Para la producción orgánica se recomienda aplicar al campo de cultivo estiércol ya descompuesto o compost, de 3-5 t/ha, para mejorar las condiciones físico-químicas del suelo.

- Desahijes o raleos: Se realiza cuando las plantas de amaranto alcanzan una altura entre 10 a 15 cm de altura, dejando entre plantas un espacio de 10 cm. Las plantas raleadas se pueden utilizar para el transplante.
- Control de malezas: Lo recomendable es realizarlo en forma manual cuando las plantas alcanzan una altura de 10 a 15 cm. En algunos casos (próximos a la cosecha) se recomienda la depuración de plantas que no presentan características deseables, evitando así la presencia de plantas atípicas a la variedad sembrada (grano negro).
- Aporque: Se recomienda realiza inmediatamente después del control de malezas debido a que esta práctica mejora la estabilidad del cultivo cuando las plantas alcanzan alturas superiores a 1.5 m de altura.
- Riegos: El cultivo del amaranto por lo general es de temporal o secano. Sin embargo, en terrenos bajo riego, se recomienda la preparación del terreno con riegos pesados, riegos moderados a la siembra y al inicio de la floración, y riegos ligeros durante el desarrollo vegetativo donde el número y frecuencia de riegos varían con el tipo de suelo y las condiciones climáticas. En ausencia de lluvias es necesario regar cada 30 días con énfasis en las fases de floración y llenado de grano.
- Sanidad: Las enfermedades mas frecuentes que atacan a la semilla son *Pythium* spp., y *Fusarium* spp. Las enfermedades que ocasionan la pudrición del tallo y la raíz son provocadas por los hongos *Esclerotinia* spp., y *Alternaria* spp. La plaga más común es *Diabrotica* spp. conocida como "loritos" que pueden dañar a las plantas durante la emergencia; entre otras plagas tenemos a *Agrotis* spp. y *Epicauta* spp. Se recomienda aplicar pesticidas solo cuando el nivel de población o ataque pueda causar daño considerable al cultivo.
- Cosecha y trilla: La época de cosecha varía entre las zonas y la variedad empleada. Por lo general se realiza en forma manual (tradicional), cortando las panojas maduras que presentan cierta dehiscencia o caída de grano de la base de las mismas. Además los granos presentan cierta dureza cuando están llegando a la madurez.

  La trilla puede ser manual o con maquinas trilladoras (p.e. múltiple CIFEMA). Para la trilla, limpieza y clasificación se recomienda el uso tolderas (lonas) y zarandas manuales. Esto permite conseguir un grano o producto de alta calidad comercial y reducir las perdidas.
- Almacenamiento: El grano seco con humedad inferior a 13 % debe ser almacenado en recipientes cerrados (sacos), en ambientes suficientemente ventilados y limpios, o en silos metálicos exclusivos para almacenar granos.

Quinua

Nombre científico

Chenopodium quinoa Willd.
Familia botánica: Chenopodiaceae

Nombres comunes por países

Bolivia y Perú: quinua, quinoa, kiuna [quechua], jiura, jupha [aymara]
Colombia: suba.

Altitud

Desde el nivel del mar hasta los 4000 m.s.n.m., aunque tienen un mejor desarrollo entre los 2800 a 3900 m.s.n.m.

Zonas de cultivo

Tiene una amplia distribución geográfica, pero principalmente se produce en las tres zonas del altiplano boliviano norte, centro y sur de Bolivia que comprende los departamentos de La Paz, Oruro, y Potosí. También se encuentran cultivares de quinua en los valles interandinos de los departamentos de Chuquisaca, Tarija y Cochabamba

Requerimiento suelo

Debido a la amplia adaptación de la quinua, esta se desarrolla en diversos tipos de suelos: franco, franco arenoso, franco arcilloso, con buen drenaje (se adapta a suelos salinos y ácidos).

Variedades

Las variedades más difundidas en el altiplano norte y centro son: *Sajama, Chucapaca, Sayaña, Surumi, Intinayra, Patacamaya, J'acha grano, Kurmi*, y *Blanquita* (Bonifacio 2002); En el altiplano sur se cuenta con mas de 21 ecotipos de quinua Real entre ellas: *Toledo, Pandela, Real Blanca, Pisankalla, Kellu* y *Achachino.*

Ciclo del cultivo

120 a 210 días.

Preparación del suelo

Consiste en la remoción de la capa arable, tarea que permite la incorporación de malezas y residuos de la cosecha anterior; esta labor puede realizarse

manualmente, con yunta o con tractor. Debe ser en forma oportuna y adecuada, porque es una labor importante de la cual depende en gran parte el éxito del cultivo. Si la parcela es *k'anona*, terreno donde el año anterior se ha sembrado papa, la preparación de suelo generalmente se realiza con un arado de palo jalado por una yunta. Si la parcela es *k'allpar*, terrenos que han estado en descanso uno o varios años, para estos terrenos se viene utilizando el tractor agrícola.

Rotación de cultivos

La secuencia de rotación recomendada para el altiplano norte y centro es: tubérculo (papa, oca, isaño), quinua o cañahua, cereal (cebada, avena), leguminosa (haba, tarwi), y descanso de 4 a 5 años.

Siembra

Se acostumbra en surcos a chorro continuo, voleo-surcado, voleo-rastrado (con distribución manual de semilla).

- Época: Está en función de las condiciones climáticas de la zona y las características de la variedad empleada, tradicionalmente desde septiembre hasta fines de octubre (variedades tardías y semi-precoces), aunque últimamente con variedades precoces se puede sembrar inclusive hasta el mes de noviembre.
- Densidad: 8 a 10 kilogramos por hectárea (siembra manual).
- Distanciamiento: Entre surco de 40 a 50 cm, entre planta de 8 a 10 cm (aproximadamente 10 a 12 plantas por metro lineal si la siembra es en surcos).

Labores culturales

Se recomiendan las siguientes labores culturales:

- Abonamiento: En la producción orgánica, esta labor consiste en incorporar estiércol descompuesto (oveja o llama), composta o humus al suelo, pudiéndose realizar al momento de la preparación del suelo y distribuyendo el abono al voleo a razón de por lo menos 5 t/ha (Quispe *et al.* 2006).
- Desahijes o raleos: Se realiza con la finalidad de evitar el ahilamiento y competencia por nutrientes, agua y luz entre las plantas. Se eliminan plantas pequeñas, débiles y enfermas, y es recomendable contar con 8 a 10 plantas por metro lineal.
- Control de malezas: Se deben eliminar las malezas que crecen junto al cultivo; esta práctica se realiza en función a la presencia de las malezas, y es recomendable realizarlo en forma manual cuando las plantas alcanzan una altura de 15 a 20 cm.
- Riegos: El cultivo de la quinua en todo el altiplano por lo general es de temporal o secano.

- Sanidad: La enfermedad más frecuente que ataca al cultivo de la quinua es el mildiu (*Peronospora farinosa*), la misma que se presenta cuando existen condiciones de exceso de humedad. Las plagas más importantes que atacan al cultivo son las ticonas (*Copitarsia, Heliotis,* y *Feltia*), y la polilla de la quinua "kcona kcona" (*Eurysacca melanomata*). Esta plaga es considerada de importancia económica puesto que puede ocasionar la pérdida total de la producción. La presencia de insectos esta muy relacionada con la ocurrencia de sequías o veranillos que se presentan durante la época de desarrollo del cultivo.
- Eliminación de ajaras: Las ajaras (plantas silvestres de granos negros) desmejoran la calidad comercial de la quinua, por lo que se recomienda eliminarlos de los campos de cultivo, labor que se realiza antes de la cosecha.
- Cosecha y trilla: La época de cosecha varía entre las zonas y la variedad empleada, y debe realizarse cuando se detecta que el grano ofrece resistencia a la presión entre las uñas. Por lo general se realiza en forma manual arrancado las plantas desde la raíz (tradicional). Lo recomendable es hacer el corte con hoz para obtener un producto de calidad comercial.

  La trilla se ejecuta golpeando las panojas con un palo curvo (huajtana) sobre una lona o carpa. De esa forma se facilita el desgrane, empleando también en estas labores trilladoras semi-estacionarias (combinada CIFEMA), y posteriormente empleando zarandas para separar la broza y el jipi en el material trillado. Finalmente se procede al venteo-limpieza que puede ser en forma manual o mecánica.
- Almacenamiento: Para conservar adecuadamente los granos (para semilla o consumo), estos deben almacenarse en ambientes secos, ventilados y que estén fuera del alcance de los roedores. El contenido de humedad del grano no debe ser mayor al 13%.

Bibliografía

Bonifacio A. 2002. Variedades de quinua recomendadas para el altiplano norte y centro. Boletín Técnico. Fundación PROINPA, MAGDER, PREDUZA, COSUDE, McKNIGHT, DANIDA. La Paz, Bolivia. 8 p.

Pinto M, Rojas W, Soto JL. 2008. Variedad de cañahua: *Illimani*. Ficha Técnica. Fundación PROINPA. La Paz, Bolivia. Marzo, 2008.

Quispe R, Aroni G, Saravia R, Cosio J, Soto JL. 2006. Pautas para la producción orgánica de quinua real. Programa Apoyo a Cadena de la Quinua en el Altiplano Sur. Fundación PROINPA, Fundación AUTAPO. La Paz, Bolivia. 8 p.

Tapia ME, Fries AM. 2007. Guía de campo de los cultivos andinos. FAO y ANPE. Lima, Perú.

X. Tecnologías de procesamiento agroindustrial de los granos andinos

Elsa Alcocer
Ing. Qmc., Gerente General LAYSAA srl., Cochabamba, Bolivia; E- mail: elaysaa@yahoo.es

En este capítulo se describen algunas tecnologías apropiadas de transformación de granos andinos que mantienen sus propiedades nutricionales durante el procesamiento agroindustrial, estableciendo parámetros claros de transformación teniendo en cuenta el enriquecimiento de las dietas.

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 (quinua, cañahua y amaranto).

Durante los 10 últimos años, la quinua ingresó en un auge silencioso donde el consumo de la quinua que solo era destinado al autoconsumo del agricultor del altiplano y valles interandinos, en la actualidad tiene una alta demanda a nivel internacional, esencialmente por la riqueza de macro y micro nutrientes que los granos contienen.

En el caso de la cañahua y el amaranto, estos granos todavía son destinados mayoritariamente al autoconsumo de las familias productoras, pero tímidamente están ingresando en los mercados locales e internacionales con amplias posibilidades de industrialización de productos con alto valor agregado.

Los últimos estudios han mostrado a los granos andinos como alimentos con un valor nutritivo excelente y con un gran potencial agro-alimentario-industrial, atributos por los cuales son considerados y utilizados en programas de lucha contra la desnutrición, especialmente en países centros de origen de estas especies donde los índices de desnutrición infantil son alarmantes.

Sin embargo, por falta de conocimiento e información, la mayoría de la población aun no aprovecha la disponibilidad de estos productos.

En el presente capitulo se enfocará el potencial agroindustrial de los granos andinos teniendo en cuenta que se encuentran íntimamente vinculados al potencial agrícola de la zona andina. Se describirán algunas tecnologías apropiadas de transformación para mantener sus propiedades

nutricionales durante el procesamiento agroindustrial, además de establecer en forma clara los parámetros de transformación considerando el enriquecimiento de las dietas.

Finalmente, se busca difundir los resultados de pruebas de aptitudes agroindustriales que se hicieron con diferentes ecotipos y variedades de estos granos andinos producto de la investigación desarrollada con el apoyo del proyecto "Especies olvidadas y subutilizadas" IFAD-NUS I ejecutado en Bolivia en el marco del convenio entre la Fundación PROINPA Regional Altiplano y LAYSAA srl.

Procesamiento de los granos andinos

Los granos andinos tienen características nutricionales excepcionales que los diferencian de los cereales comunes (Cuadro 1). Algunas tecnologías para el procesamiento de granos andinos (quinua, cañahua y amaranto) se muestran a continuación:

Quinua

Desaponificación

El grano de quinua en su corteza posee saponinas de carácter triterpénico, lo que le da el carácter amargo. Con la finalidad de extraer la saponina del grano, se han desarrollado experimentos utilizando dos métodos: el *método húmedo*, que consiste en lavar los granos de quinua, y el *método seco o escarificado* que consiste en la separación del epispermo por medio de dispositivos mecánicos con friccionamiento de los granos contra las paredes de un cilindro escarificador (Torres y Minaya 1980).

El método de eliminación por vía húmeda tiene la ventaja de que se elimina toda la saponina, pero la mayor desventaja es que emplea mucha agua que en muchas plantas de procesamiento es escasa. Además, se corre el riesgo de que los granos germinen con gran facilidad por el tiempo de remojo y el periodo largo de secado.

Con el método por vía seca o escarificado de los granos de quinua pierde entre 6 a 8% de la cascarilla (saponina), pero se consigue eliminar hasta el 90% del contenido de la saponina. Posteriormente se pasa al proceso de lavado por vía húmeda donde se elimina lo que resta de la saponina. El proceso de lavado no debe ser de más de 30 segundos, de lo contrario, el grano tiende a remojarse demasiado. Luego se pasa al proceso del enjuagado, proceso por el cual se elimina el 100% del contenido de saponina. El siguiente proceso es el de centrifugado donde se elimina parte del agua para facilitar el proceso de secado, el cual dura de 2 a 3 minutos, y se elimina gran parte del agua del grano quedando entre 25 y 30% de agua. Esta cantidad de

agua retenida por el grano se elimina por métodos de secado, ya sea por medio de colectores solares y / o intercambiadores a gas. El tiempo que dura el proceso de secado es de 20 a 30 minutos por lote.

Una vez eliminada la saponina, los granos de quinua pueden ser consumidos como grano entero o procesado en diferentes formas (harinas, hojuelas, etc.).

Cuadro 1. Comparación de las características nutricionales entre granos andinos y cereales.

Cereales (trigo, cebada, avena)	Granos Andinos (quinua, cañahua, amaranto)
• Poseen gluten (lo que facilita el amasado). • El gluten produce alergias intestinales a personas sensibles a este. • No poseen aminoácidos esenciales. • La calidad de la fibra no es muy apreciable. • La parte del germen está bien cubierto, por lo que tratamientos posteriores de molienda no dañan al germen.	• No poseen gluten (lo que dificulta el amasado, ya que no forma liga). • No producen alergias por que contienen proteínas completas. • Son ricos en aminoácidos esenciales. • La calidad dietaría de la fibra especialmente en el caso de la cañahua los hacen insustituibles. • El germen esta casi en la superficie y distribuido alrededor del endospermo en forma de anillo, por lo que durante el procesamiento se debe tener mucho cuidado.

a) Elaboración de harinas

Para la elaboración de harinas se debe considerar aspectos orientados hacia su uso, y estos aspectos influyen esencialmente en la calidad del producto a elaborar. Para la molienda se ha utilizado un molino semi-industrial de tipo "*Bravender*" con rodillos dentados para trituración (Brennan *et al.* 2000). Las variables de molienda son el número de rodillos, tipo de malla y la humedad del grano que debe ser de 14% para facilitar la eliminación de la cáscara o afrecho antes de pasar por el segundo rodillo. De esta manera se puede obtener una harina de tipo 000, con un rendimiento harinero del 60%.

Estandarización de la molienda

Durante el desarrollo del proyecto se determinaron los estándares de molienda en molino industrial y molino artesanal haciendo una comparación entre ambos y determinando sus rendimientos harineros; los resultados obtenidos se pueden observar en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Rendimiento harinero de la quinua y cañahua.

Tipo de molino empleado	% de Afrecho	% de Moyuelo	% de Harina
Molino artesanal (harina quinua-Andina)	7	52	41
Molino industrial (Harina quinua-Coronilla)	5	15	80
Molino artesanal (Harina cañahua-Andina)	8	77	15
Molino industrial (Harina cañahua-Coronilla)	18	50	21

Fuente: Pacosillo y Alcocer (2002)

Se considera además una variación considerable del rendimiento harinero entre variedades de quinua desde un 41 hasta un 80% (Pacosillo y Alcocer 2002). Los granos andinos tienen la característica de tener sus proteínas en el germen o moyuelo. El porcentaje de harina se designa al contenido del almidón o endospermo al igual que en el trigo y maíz.

Harina de quinua industrial tipo 000

Con una harina de tipo 000 se puede elaborar apis, mazamorras, pastas y fideos, panes y pasteles. Para la elaboración de apis y mazamorras, se utilizan mezcla de sustitución de 30% de harina de quinua y 70% de harina de maíz *Kulli* y maíz amarillo; para esto se ha separado el afrecho que contiene rastros de saponina que dan un sabor amargo al producto final *api* o *mazamorra*, eliminado el afrecho, y de esta manera se utiliza solo almidón de quinua que tiene un carácter dulce y aromático.

Para elaborar *pasta* con una mezcla de sustitución de 25 a 30% de harina de quinua, y 75 a 70% de harina de trigo (ambos tipo 000), las variables de proceso son: cantidad de agua (el porcentaje de agua de empaste para la quinua varia de 25 hasta 68% entre variedades), tipo de amasado, tiempo de secado, y los tipos de elaboración de fideos (pueden ser por extrusión en frío y laminado).

Los fideos por extrusión son del tipo macarrones cortados, pudiendo ser cristalinos u opacos. Se elaboran amasando la mezcla de harina con sal, agua o huevos y luego son extruidos a través de una boquilla, en tanto que los fideos laminados son pastas tipo tallarines y fetuchines, además de lasañas. El proceso de elaboración es similar a los anteriores con la diferencia de que en vez de ser extruidos, son pasados por una laminadora de masa, para luego ser cortados y secados hasta un 11% en ambos casos.

En panificación se ha trabajado con harina integral molida artesanalmente, en cambio para pastelería se ha utilizado harina tipo 0000, obteniéndose altos niveles de rendimiento de amasado y retención de CO_2, lográndose una sustitución parcial de hasta un 28% en caso de quinua, 30% en amaranto y 11% en cañahua. Con la harina de quinua puede sustituirse parcialmente el contenido de la harina de trigo en panificación y pastificio, soportando hasta una sustitución del 25 y 30%, esto debido a la ausencia de gluten en la quinua.

b) Elaboración de hojuelas

Las hojuelas son productos semielaborados procesados por medio del laminado de los granos integrales de quinua. Para esto se deben considerar variables de proceso como la humedad del grano que no debe exceder el 16%. Una mayor humedad hace que los granos al pasar por los rodillos laminadores se adhieran y formen una masa compacta, y cuando los granos están muy secos (menor al 15%) forman harina. De las pruebas desarrolladas a nivel piloto se ha determinado que el espesor de la hojuela depende de la abertura de los rodillos, siendo la abertura optima 0.15 mm de luz entre rodillo.

c) Elaboración de cereales listos para desayunos

En la elaboración de estos productos se ha considerado como un parámetro importante el tamaño del gránulo de almidón. Los gránulos de almidón tienen características que revelan en forma clara la estructura, el tiempo y la temperatura de gelatinización. Con estos datos se pueden determinar variables de proceso como el tiempo, el tipo de mezcla, la cantidad de agua, los porcentajes de mezcla, e incluso el proceso tecnológico que se empleará en su transformación.

Entre los procesos de elaboración de estos productos están:

c.1) Extrusión sistema HTST (Alta Temperatura y Tiempo Corto): Para la elaboración de cereales para desayunos con base en granos andinos se ha desarrollado la técnica de extrusión sistema HTST para mantener la calidad nutricional de los granos andinos, ya que en este proceso no existe el pardeamiento no enzimático, además de ser un proceso continuo y no toxico.

La extrusión de alimentos es un proceso en el que los productos son forzados a fluir bajo una o varias condiciones de mezclado, calentamiento y cizalla a través de un troquel que forma con expansión e inflación. Durante la extrusión la temperatura de cocción puede alcanzar entre 120 y 150 grados centígrados, pero el tiempo de residencia es usualmente de solo 10-15 segundos (Baudi 2004).

Los extrusores de alimentos pueden trabajar en una o varias funciones al mismo tiempo mientras están procesando el alimento:

- Mezclado de los productos de maíz y quinua
- Homogenización
- Cizallamiento
- Texturización de proteínas
- Activación de enzimas
- Pasteurización y esterilización de microorganismos de deterioro
- Productos formateados
- Ingredientes de aglomeración
- Agregación
- Ingredientes de des-gasificación
- Trituración
- Cocción del almidón (gelatinización)
- Alteración de la textura
- Cocción térmica
- Expansión, inflamiento
- Deshidratación

La tecnología de extrusión proporciona varias ventajas sobre los métodos tradicionales de procesamiento de alimentos incluyendo las siguientes:

- Es una opción para el procesado de una variedad de productos alimentarios mediante el cambio de un ingrediente menor y/o condiciones de procesado en la maquina.
- Se obtienen diferentes formas, texturas, colores y apariencias mediante cambios de poca importancia en el equipo y en las condiciones de procesado.
- Se realiza un procesado energéticamente eficiente y a menudo a menor costo comparado con otras opciones.
- Se produce un mejoramiento de la calidad del producto sobre otros procesos debido a que la cocción se realiza en un tiempo muy corto y ocurre una menor destrucción de los ingredientes sensibles al calor (proteínas termolábiles de la quinua y amaranto).
- Se puede realizar un cambio fácil de escala de los procesos de extrusión desde la planta piloto a la producción comercial.

Los parámetros de control en el proceso de extrusión son la humedad hasta el 17% en peso y el tamaño de granulo de almidón. Considerando que la quinua y el maíz tienen tamaños de gránulos de almidón similares, se puede hacer una mezcla homogénea con un porcentaje de mezcla de hasta el 33% con quinua y de hasta 6% de cañahua.

El tamaño de granulo de almidón es un factor determinante para la calidad del producto. Es por esta razón que se debe trabajar con el maíz amarillo blando (variedad *Mairana*), y no con el maíz cubano que es un maíz con tamaño de granulo tres veces más grande que el amarillo blando, además de ser compatible con los granos de quinua, cañahua y amaranto que son pequeños.

Fuera de este proceso de extrusión existe otro proceso llamado post-extrusado que consiste en el recubrimiento del producto con la adición de azúcar, cacao, saborizantes y colorantes para dar mayor versatilidad al producto.

c.2) Insuflado sistema HTHT (Alta Temperatura Tiempo Largo): Los granos andinos pueden inflarse por medio de pistolas de expansión en el que generalmente se hinchan por el solo efecto del cambio brusco de temperatura, ajustándose a un contenido de humedad apropiado del 15%, y se sellan en la pistola de expansión. Esta consta de un cilindro horizontal que gira sobre su eje y donde hay quemadores colocados para calentar el exterior del cilindro, y en medios para inclinar el cilindro, para cargarlo y descargarlo. Un extremo del cilindro está permanentemente cerrado y el otro tiene una placa que lo cierra y está equipada con una puerta que se abre en forma instantánea. La masa de grano gira dentro del cilindro y se calienta en unos cuantos minutos; este es presurizado por el aire caliente y por el vapor de su propia humedad.

Cuando se obtiene la presión apropiada de 110 psig, la puerta se abre y el contenido sale con un sonido fuerte y los granos de quinua y cañahua se expanden por la volatilización súbita de la humedad interna. El tiempo de descarga debe controlarse a unos cuantos segundos para evitar la sub-expansión o bien que se queme el producto.

Este proceso solo se aplica a la quinua y a la cañahua que tiene un tamaño de granulo de almidón entre 12 y 32 micrones según variedad; en cambio el amaranto tiene un tamaño de granulo de almidón de entre 1 y 3 micrones, tiene una temperatura de gelatinización de 45°C y tiempo de 2 segundos. Por esta razón la expansión del amaranto se realiza en ollas abiertas que no requieren presurización.

Las desventajas de este proceso son: existe un pardeamiento no enzimático que deteriora los micronutrientes, se liberan inhibidores de

tripsina, y además para generar hermeticidad, se utiliza plomo en el ajuste, el cual es un elemento toxico inaceptable para consumo humano.

Amaranto

Inicialmente es aconsejable hacer una clasificación del grano, para lo cual se puede utilizar un tamiz de 2 mm de diámetro para separar impurezas grandes y un tamiz de 1.1 mm de diámetro para separar el grano de primera calidad. Esta labor, por lo general, se debe realizar en los centros de acopio o procesamiento. Sin embargo, si el productor logra clasificar el grano en sus predios, logrará obtener un mejor precio por el grano de primera calidad al momento de comercializarlo pues este es el que se puede procesar para productos con valor agregado como: grano tostado, harina, hojuelas, turrones y granolas.

De las pruebas preliminares para elaborar productos semielaborados con base en granos de amaranto tenemos: Los *turrones* que fueron preparados a base de granos tostados (pops), utilizando algún aglutinante como miel de abeja, caña o azúcar, ingredientes que son presionados hasta dar la forma a un turrón o barra energética. Las *granolas* que son una mezcla de pops de amaranto, quinua, cañahua, cereales, almendras y maní picado, ajonjolí, hojuelas de cereales y frutas deshidratadas. Estas han sido sometidas a un proceso de horneado las cuales toman un estado crocante, evitándose así su rápida descomposición y humedecimiento. *Tablitas de leche* o *millcoco* con base en harina de amaranto, leche y coco rallado en presentaciones de tabletas moldeadas. *Galletas de millmi* o *amaranto* (*millmitas*) elaboradas con base en grano tostado (harina), clara de huevo y azúcar (Rocha 2003).

Cañahua

La cañahua es una planta que por sus características de cultivo y su cercanía al suelo requiere un proceso de beneficiado en donde solo se eliminan las partículas terrosas por vía seca y / o húmeda (por arrastre de agua).

La forma tradicional de transformación de la cañahua es procesarla en forma de pito, para lo cual el grano se retuesta en ollas de barro o metal hasta los 120°C. En este proceso se eliminan los nutrientes de forma alarmante por el pardeamiento no enzimático al que se somete.

Luego de la descripción de los productos trabajados en el proyecto IFAD-NUS, es importante señalar que existen más de 58 productos elaborados a base de quinua, cañahua y amaranto que son elaborados por las diferentes empresas que se dedican a la transformación de los granos andinos. Algunos de estos productos se mencionan a continuación:

- Hojuelas precocidas tipo corn flakes
- Cereales rallados instantáneos
- Tortillas tipo chips de cañahua y amaranto
- Papillas infantiles para lactantes
- Alimentos para personas de la tercera edad
- Grageas de los cereales extrusados
- Jugos
- Manjares
- Mermeladas
- Golosinas tipo bombones y toffees
- Flanes y budines
- Gelatinas y postres ligeros
- Pastas gluten free
- Snacks gluten free
- Harinas precocidas para uso en repostería fina
- Cremas y champús a base de la saponina y el aceite de quinua.

Bibliografía

Baudi, S. 2004. Química de los alimentos. Pearson Educación, México D.F.

Brennan JG, Butters JR, Cowell ND. 2000. Elementos de tecnología de alimentos. Editorial Acribia. Zaragoza, España.

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. pp. 120-125.

Rocha P. 2003. Identificación de prácticas de procesamiento y obtención de derivados de amaranto (millmi) a nivel familiar. En: Informe Técnico Anual 2002-2003. Componente Bolivia. Fundación PROINPA, Proyecto IFAD-NUS I. La Paz, Bolivia. pp. 121-123.

Torres H, Minaya I. 1980. Escarificador de quinua, diseño y construcción. Instituto Interamericano de Desarrollo Agrícola. Oficina en Perú. Misceláneos 243. Lima, Perú.

XI. Usos tradicionales, no tradicionales e innovaciones agroindustriales de los granos andinos

Milton Pinto[1], Vania Alarcón[2], José Luis Soto[3], Wilfredo Rojas[4]

[1] Ing. Agr., Responsable Área Recursos Genéticos, Regional Altiplano, Fundación PROINPA; E-mail: m.pinto@proinpa.org
[2] Técnico Área Recursos Genéticos, Regional Altiplano, Fundación PROINPA; E-mail: v.alarcon@proinpa.org
[3] Ing. Agr., M.Sc. Trabajó en la Fundación PROINPA hasta diciembre de 2008; E-mail: josesoto1@yahoo.com
[4] Ing. Agr. M.Sc. Coordinador Regional Altiplano, Fundación PROINPA; E-mail: w.rojas@proinpa.org

Desde tiempos remotos hasta la actualidad los granos andinos (quinua, cañahua y amaranto) son y han sido la base de la seguridad alimentaria de miles de familias en la región andina, y tienen un gran potencial de uso nutricional, económico y agroindustrial tanto tradicional como no tradicional.

La importancia de los granos andinos

La nutrición es un factor de vital importancia para mantener la buena salud y lograr mejor calidad de vida. La quinua, la cañahua y el amaranto son especies reconocidas por su alto valor nutricional debido a la calidad de sus proteínas y a la combinación adecuada de aminoácidos esenciales que contienen. Se ha establecido que estas especies ayudan a reparar, a mantener y a formar tejidos de los músculos del cuerpo, favorecen al crecimiento y desarrollo de la inteligencia, proveen proteína de calidad a las madres gestantes-lactantes, y proveen al organismo de minerales como hierro, calcio y fósforo. En algunos casos se reconocen en estos cultivos propiedades cicatrizantes, desinflamantes, analgésicas y desinfectantes. Estas características han contribuido en los últimos años a incrementar la demanda de estos granos andinos en mercados locales y en los mercados del exterior.

En comunidades productoras del altiplano y valles interandinos de Bolivia, se han registrado usos no solo destinados a la alimentación de los pobladores, sino también usos como forraje para la alimentación del ganado, para elaborar artesanías y en algunos casos usos asociados a rituales y festividades.

Por ello se menciona que los productores aprovechan la producción de granos andinos en forma integral: como grano (uso primario) y como verdura aprovechando sus hojas tiernas, o subproductos como forraje y material para combustión, además de usos en artesanías y ritualidades.

En consideración a lo indicado, los granos andinos tienen múltiples usos: para alimentación humana, medicina tradicional, ritos, industria e inclusive últimamente se viene explorando el uso ornamental de las plantas de quinua.

En este capítulo se presenta la información sobre las diversas formas de usos de los granos andinos: tradicionales, no tradicionales y aquellas innovaciones agroindustriales con valor agregado disponibles en el comercio formal que fueron generadas con el apoyo de los siguientes proyectos: IFAD-NUS, SINARGEAA Granos Andinos y McKnight.

1. Usos tradicionales y no tradicionales de los granos andinos

a) Usos alimenticios

Quinua

Como resultado de entrevistas realizadas a familias que conservan y producen quinua en el altiplano, se han identificado 35 preparados alimenticios elaborados con quinua. La dieta de las familias del área rural incluye una diversidad de kispiñas, p'esques, sopas, mucuna, pito y bebidas refrescantes. En ciertas ocasiones especiales se preparan también alimentos no tradicionales como galletas, tortas, buñuelos y jugos (Cuadro 1).

El consumo de estos alimentos varía de acuerdo a las épocas del año y a las actividades agrícolas que se desarrollan. Con frecuencia se consumen en el desayuno, almuerzo, cena o merienda.

Cuadro 1. Alimentos tradicionales y no tradicionales elaborados con quinua.

Preparado	Tipo de alimento	
Sopas y segundos	• Sopa de quinua • Lawa(allpi) • Huaricha • Juchacha • Chiwa de quinua • P'esque con ahogado	• Mazamorra (Figura 14) • Phiri • Phisara (graneado) • P'esque huracha • P'esque con leche • P'esque con queso
Masas	• Kispiña • Mucuna • Buñuelos • Pan • Galletas • Kispiña de ajara • Tortas de quinua • Tortillas de quinua • Tacti o tactacho • Mululsito quispiña	• Kispiña de ajara • K'api kispiña • Acu kispiña • Jupha t'anta • Buñuelos de quinua • Kaswira de quinua • Queque de quinua • Turucha kispiña • Quichi quispiña
Bebidas	• Refresco (ullpu) • Q'usa (chicha) • Api	• Quinua con leche • Jugo de quinua
Merienda seca	• Pito de quinua	

A continuación se hace una breve descripción de los preparados tradicionales que se consumen en comunidades del altiplano (Pacosillo y Chura, 2002; Vidaurre *et al.* 2005; Flores *et al.* 2008; Apaza 2008).

- *Sopa de quinua:* Quinua cocida no muy espesa con carne o charqui, tubérculos y verduras.
- *Lawa:* Mazamorra semi espesa con harina cruda, agua con cal y grasa animal.
- *P'esque*: Granos de quinua cocidas con agua y sin sal, se sirve ya sea con leche o queso rallado según sea la disponibilidad de estos aditamentos.
- *Kispiña:* Panecillos cocidos al vapor de diferentes formas y tamaños.
- *Tacti o tactacho:* Panecillos fritos, especie de buñuelos o sopaipillas elaborados con base en harina y grasa de llama.
- *Mucuna:* Panecillos (tipo bolas) de harina de quinua cocida a vapor, muy parecida a los tamales o humitas, y en el centro llevan una especie de aderezo.

- *Phiri:* Harina de quinua tipo áspera tostada y levemente humedecida.
- *Phisara:* Grano de quinua ligeramente tostada y graneada.
- *Q'usa:* Chicha de quinua, bebida fría macerada
- *El ullphu o ullphi:* Bebida fría preparada con base en pito de quinua diluido en agua agregando azúcar al gusto.
- *Kaswira de quinua:* Panecillo aplanado y frito en aceite, elaborado con katahui (cal viva) y quinua blanca.
- *Kaswira de ajara:* Panecillo aplanado y frito en aceite elaborado con katahui (cal viva) y quinua negra o ajara.
- *K'api kispiña:* Panecillo cocido al vapor elaborado con quinua molida en k`ona y cocida en olla de barro; es común en las festividad de Todos Santos.
- *Turucha quispiña o polonca:* Panecillo cocido al vapor elaborado con katahui y quinua no muy molida (chama) en k`ona, cocida en olla de barro; son de tamaño grande.
- *Mululsito quispiña:* Panecillo cocido al vapor elaborado con katahui y harina de quinua, cocida en olla de barro; son más pequeñas que las kispiñas.
- *Quichi quispiña:* Panecillo cocido al vapor y frito elaborado con katahui y harina de quinua; se fríe en sartén. Lo consumen los jóvenes que van a realizar el servicio militar lejos de sus comunidades pues es de fácil traslado.
- *Juchacha:* Sopa andina a base de quinua molida y katahui; va acompañada de pito de cebada.
- *Chiwa:* Hojas tiernas de quinua (recolectadas entre diciembre y enero) conocidas como *Lliccha* en quechua, y *chiwa* en aymara; son utilizadas como verduras hortalizas en la preparación de sopas y ensaladas. Las hojas de plantas tiernas de quinua, cañahua y amaranto antes de la floración, ofrecen otra alternativa para mejorar la calidad de la dieta porque son ricas en proteína y son utilizadas como alimento en algunas zonas donde existe la costumbre de consumirlas en sopas, guisos y ensaladas. Estas hojas son ricas en vitaminas y minerales, especialmente calcio, fósforo y hierro.

Elaboración de kispiña

La kispiña se elabora con 5 kg de harina de quinua, 3 litros de agua 1 cuchara de cal y $^1/_2$ cuchara de sal. Todos los ingredientes se colocan en un recipiente y son amasados manualmente. Posteriormente se toman pequeñas porciones de masa en la palma de la mano y se aplastan cerrando y abriendo la mano para darle forma. Se repite esta acción con toda la masa de la preparación (Figuras 1 y 2).

Figura 1 y 2.

Elaboración de kispiña.

Seguidamente en una olla de barro con poca agua y con un soporte de paja (que sirve de rejilla), se colocan las kispiñas para su cocción. La cantidad de agua dependerá del tamaño de la olla. La cocción es al vapor durante 30 minutos. Las variedades que se utilizan en Coromata Media para este preparado son *Janq'u jupha, Wila jupha* o *Choq'epito,* y en Santiago de Okola la variedad es *Janq'u jupha.*

Elaboración de P'esque

Este preparado tradicional se realiza con 2 a 3 libras de quinua o cañahua lavadas y limpias. En una olla mediana se coloca la quinua o cañahua con 2 litros de agua y la cocción se realiza en fogón. Una vez cocido el grano, se sirve acompañado de leche, suero de leche, queso o ahogado.

Figuras 3 y 4.

Pesq'e de quinua y cañahua.

Elaboración de kaswira de quinua

La kaswira se elabora con 3 libras de harina de quinua, 1.5 litros de agua, $^1/_2$ cuchara de sal y 1 cuchara de cal apagada. Se mezclan todos los ingredientes en un recipiente hasta obtener una masa suave. Se toma una porción de la masa y se aplana con las palmas de las manos usando un poco de manteca hasta formar una masa plana y circular.

La cocción se realiza en sartén con aceite caliente hasta que queden doradas. Esta receta es propia de la comunidad de Santiago de Okola y sus familias consumen este preparado en días especiales como la festividad de Todos Santos.

Figuras 5 y 6.
Kaswira de quinua.

Cañahua

El grano cosechado se conserva y se vende por lo general con su perigonio (envoltura exterior, rica en fibra dietaría), que fácilmente se desprende con el calor. La manera más común de consumir cañahua es en forma de grano tostado (grano reventado, pop) y molido que es conocido como '*aku*' (o pito de cañahua). El grano reventado permite obtener una harina muy agradable que normalmente se consume con leche o agua añadiendo azúcar al gusto.

Cuadro 2. Alimentos tradicionales y no tradicionales elaborados con cañahua.

Preparado	Tipo de alimento	
Sopas y segundos	• Sopa de cañahua • Lawa(allpi) • Pesque con queso • Choricitos	• P'esque con leche • Mazamorra • Albóndiga
Masas	• Kispiña de cañahua • Buñuelos • Pan • Galleta • Bocaditos dulces	• Kaswira de cañahua • Queque de cañahua • Torta de cañahua • T'ayacha de cañahua
Bebidas	• Refresco de cañahua • Jugo de cañahua	• Cañahua con leche
Merienda seca	• Pito de cañahua	

De acuerdo a entrevistas realizadas a agricultores productores de cañahua y el acompañamiento a las familias productoras de este cultivo, se han registrado 20 diferentes alimentos elaborados con cañahua (Mamani y Alarcón 2008; Alarcón *et al.* 2009). Los preparados consumidos con mayor frecuencia por las familias son: pito, mazamorra, sopa, p'esque, kispiña, tayacha y refresco de cañahua, pero en ocasiones especiales se preparan buñuelos, panes, tortas, queques y galletas (Cuadro 2).

A continuación se describe la forma de elaboración de algunos preparados tradicionales en los que se utiliza la cañahua.

Elaboración de pito de cañahua

En las comunidades productoras de cañahua como Coromata Media situada en la provincia Omasuyos de La Paz, las familias elaboran el pito de cañahua que es la transformación del grano tostado de este cultivo en harina. Los pasos que se siguen para realizar este producto son los siguientes:

- Lavado: El grano se lava con abundante agua hasta quitar toda la tierra y rastrojo que tuviera; esta labor se la realiza generalmente en la tarde después del medio día.
- Secado: El grano lavado se extiende sobre manteles para su secado durante 24 horas. El secado se realiza por exposición al sol y al viento.
- Tostado: El tostado se realiza colocando una pequeña cantidad de grano limpio en una sartén mediano expuesto a un fogón. Se remueve el grano con una pequeña escobilla hecha de paja gruesa. Se tuesta el grano hasta que reviente como si fueran pipocas, y luego se coloca el grano tostado en una bolsa de tela. Se repite la acción con todo el grano de cañahua predispuesto para este preparado.
- Molido: El grano tostado se muele en un molino eléctrico o en un molino de piedra hasta obtener el pito. Los agricultores prefieren que la molienda de la cañahua se realice en un molido de piedra debido al exquisito sabor que mantiene el producto.

Figuras 7 y 8.

Tostado de Cañahua; Pito de cañahua.

El pito de cañahua es consumido por las familias de la comunidad en el desayuno en lugar de pan, y es un alimento muy apreciado por todas sus cualidades nutritivas.

Elaboración de t'ayacha de cañahua

La t'ayacha de cañahua se elabora entre los meses de mayo a julio, desde las 3 de la madrugada aprovechando las fuertes heladas que se presentan en esta época del año. Para su elaboración se utilizan 6 kilos de pito de cañahua, 4 litros de agua hervida y 1 cuchara de sal. Los ingredientes mencionados se mezclan y amasan en una fuente, se toman porciones de la masa para formar pequeñas bolitas de masa que luego se aplastan con las palmas de la mano dándoles una forma circular. Posteriormente se colocan en un mantel que luego se coloca encima del techo de la casa de la familia para congelar este preparado.

Mientras se espera que la masa aplanada se congele, se preparan 4 litros de leche hervida y fría con $^1/_2$ cuchara de sal. A las 4 de la mañana las masas de cañahua congeladas son sumergidas en la leche con sal para que absorban la leche y luego nuevamente son llevadas al techo para que se congelen. Cada media hora son sumergidas nuevamente en leche y colocadas en el techo para que se congelen.

Esta acción se repite hasta que la masa tenga una capa gruesa de leche congelada, y esto se consigue desde la tercera hasta la quinta repetición del proceso. Finalmente, la t'ayacha elaborada se la consume como helado por las mañanas. Algunas familias llevan este producto para su venta en las ferias locales. Este preparado tradicional es realizado en la comunidad de Coromata Media y en otras comunidades productoras de cañahua situadas en el altiplano norte.

Figura 9. Thayacha de cañahua bañada en leche.

Amaranto

El grano cosechado y seleccionado generalmente es empleado en la preparación de harinas, que hasta cierto punto resulta ser un proceso difícil en su procesamiento por el reducido tamaño del grano y por su consistencia dura para la molienda tradicional (con molino de piedra). Por lo tanto, es

preferible tostarlo previamente en pequeñas cantidades dentro de una olla de barro bien caliente, donde los granos revientan (pops) y luego pueden ser molidos con facilidad. El resultado es una harina de olor y sabor agradable. La harina de amaranto es apreciada para la preparación de refrescos instantáneos, chicha y productos de panadería y / o repostería (Rocha 2003).

Preparados alimenticios no tradicionales a base de quinua, cañahua y amaranto

Como se mencionó anteriormente, existe una diversidad importante de preparados alimenticios tradicionales, pero también se conocen, se preparan y se consumen alimentos no tradicionales como tortas, queques (Figura 10), panqueques, galletas y otros (enriquecidos con harina de quinua, cañahua o amaranto), los que ahora constituyen nuevas alternativas para incrementar el consumo de granos andinos en las familias del área rural y urbana.

En el marco del proyecto IFAD-NUS se realizaron cursos sobre la diversificación de usos alimentarios con el propósito de enseñar y capacitar a las familias en la elaboración de diversos productos no tradicionales que se describen a continuación (Rocha 2003; Alarcón *et al.* 2009).

- Tawas de quinua o cañahua: Son frituras medianas de forma rectangular que se elaboran con harina de quinua o pito de cañahua, harina blanca, agua tibia, huevos, azúcar, manteca, canela molida, polvo de hornear y sal. Son consumidas en el desayuno en lugar del pan.
- Panqueques de quinua o cañahua: Son panes planos delgados, esponjosos y de forma circular que se elaboran con pito de cañahua o harina de quinua, azúcar, leche, huevos, royal, sal y aceite.
- Buñuelos de quinua o cañahua: Son frituras de forma circular elaboradas con masas de harina que se fríe en abundante aceite. Se preparan con harina de quinua o pito de cañahua, azúcar, leche, huevos, levadura, canela molida y sal. Son consumidas en el desayuno o la hora del té (Figuras 12 y 13).
- Jugo de quinua: Es un preparado semiespeso que se consume caliente. Se prepara con granos de quinua, azúcar, canela, maicena, clavo de olor, manzana picada y agua. Es consumida por las mañanas o por las tardes como un jugo muy nutritivo y delicioso.
- Api de quinua: Es una bebida caliente con consistencia de mazamorra, se prepara con harina de quinua, azúcar, canela, clavo de olor y jugo de limón. Es consumida por la tardes junto con los buñuelos o tawas.
- Pan de quinua o cañahua: Es una masa horneada que se elabora a base de harina de quinua o pito de cañahua, harina blanca, huevos, azúcar, sal, levadura, manteca, agua tibia y canela molida. Este preparado es consumido en el desayuno y en algunas ocasiones en las meriendas del medio día de las familias.

- Galletas de quinua o cañahua: Son pequeños panecillos horneados que se realizan a base de una pasta de harina de quinua o de pito de cañahua, harina blanca, mantequilla, huevo, azúcar, maicena, leche, polvo de hornear y sal (Figura 15).
- Ají de quinua: Es un plato que se realiza a base de granos de quinua, verduras, condimentos y carne. Es un nuevo preparado que debido a su fácil elaboración es muy apreciado en las comunidades del altiplano.
- Néctar de quinua: Es una bebida semiespesa que se consume cuando esta fría, se realiza a base de harina de quinua, maicena, azúcar y cualquier tipo de fruta. Esta bebida es consumida en las épocas de siembra y cosecha de los cultivos de las comunidades.
- Mazamorra de cañahua: Es un postre a base de grano de cañahua, harina blanca, huevo, azúcar, leche, canela, clavo de olor y agua que puede consumirse frío o caliente. Es preparado como un buen desayuno para los niños y jóvenes de las comunidades.
- Albóndigas de cañahua: Es una bola frita de pito de cañahua mezclada con papa aplastada, huevo, perejil, cebolla, quirquiña y condimentos. Es consumida en las meriendas de medio día de las familias.
- Choricitos de cañahua: Son frituras de pito de cañahua mezcladas con arroz blanco cocido, huevo, cebolla, quirquiña, y condimentos. Es consumida en las meriendas de medio día de las familias (Figura 11).
- Bocaditos dulces de cañahua: Son postres de pito de cañahua mezclados con leche, plátano, azúcar y sal. Son preparados y consumidos por los niños y jóvenes de las comunidades.
- Millcoco: Son tablillas de leche con amaranto o millmi combinadas con coco rallado.
- Millmitas: son galletas de amaranto o millmi que son elaboradas a base de tostado de amaranto, clara de huevo y azúcar.

Figuras 10 y 11.

Queque de quinua; Choricitos de cañahua.

Figuras 12 y 13. Buñuelo de cañahua; Buñuelo de quinua.

Figuras 14 y 15. Mazamorra de quinua; Galletas de cañahua.

Elaboración de alimentos no tradicionales

Elaboración de tawas de quinua o cañahua

Se colocan y mezclan los ingredientes secos en un recipiente: harina blanca, harina de quinua o pito de cañahua, sal, canela y azúcar. A la mezcla preparada se añade manteca diluida, huevos, agua tibia (lo necesario), hasta formar una masa uniforme y manejable. Se deja reposar por una hora. Posteriormente se estira la masa con un rodillo en una mesa previamente enharinada hasta obtener una masa delgada. Esta se corta en piezas de forma alargada y se fríen en aceite caliente. Este preparado se sirve acompañado con miel de abeja o de caña (Figuras 16 y 17).

Figuras 16 y 17. Elaboración de tawa de quinua.

Jugo de quinua con manzana

En una olla mediana se hierven cinco tazas de agua con clavos de olor y canela, se añade el grano de quinua y se deja cocer hasta que se encuentre semi-cosida; posteriormente se agrega el azúcar junto con las manzanas ralladas o licuadas. En una taza se mezcla la maicena con un poco de agua tibia y se añade a la olla.

Se debe cocinar el jugo durante 10 minutos a fuego medio. Para servir el jugo de quinua, este debe dejarse enfriar previamente. En el caso de realizar la preparación con hojuelas de quinua, se debe cocer las manzanas en una olla con agua, clavos de olor, canela y azúcar a gusto. Una vez cocidas las manzanas, se deben sacar de la olla y aplastarlas en un plato, colocarlas nuevamente en la olla junto a las hojuelas, y cocinar por 5 minutos a fuego medio y dejar entibiar para luego servir.

Panqueque de quinua o cañahua

En un recipiente se debe mezclar la harina blanca, hojuela de quinua o pito de cañahua, azúcar, sal, polvo de hornear y leche tibia. Se deben batir todos los ingredientes a punto de crema liquida. Luego se calienta $^1/_2$ cucharilla de aceite en una sartén mediano a fuego lento (se debe colocar la misma cantidad de aceite para cada panqueque que se prepare).

Con un cucharón se toma una porción de la preparación y se distribuye en toda la superficie de la sartén hasta formar una película delgada de masa. Se debe cocinar a fuego lento hasta dorar el panqueque por ambos lados volteando y apretando con una espátula. Una vez listos los panqueques, se sirven acompañados con miel o mermelada (Figuras 18 y 19).

Figuras 18 y 19. Panqueques de quinua y cañahua.

Mazamorra de quinua o cañahua

Para este preparado se debe cocinar los granos de quinua o cañahua junto con canela y clavos de olor en una olla. Luego de la cocción, se debe colar el grano de quinua o de cañahua retirando la canela y el clavo de olor. Asimismo, se tiene que reservar el líquido en una fuente. En una olla aparte se tiene que mezclar la yema de huevo, azúcar, leche y harina, llevar a fuego lento moviendo constantemente para evitar que se hagan grumos. Cuando

la preparación empiece a espesar, se agrega todo el líquido reservado de la cocción inicial, y luego se coloca el grano de quinua o cañahua cocido. Cuando se tenga una mezcla homogénea se retira del fuego y se deja entibiar. Al momento de servir la mazamorra de quinua o cañahua, se coloca canela molida a gusto en cada porción (Figuras 14, 20 y 21).

Figuras 20 y 21. Elaboración de mazamorra de quinua.

Albóndigas de pito de cañahua

Se debe aplastar en un recipiente 6 papas previamente cocidas; luego se tiene que picar y retostar las verduras con 2 cucharas de aceite en un sartén. En un recipiente se colocan las verduras retostadas, la papa aplastada, el pito de cañahua y la yema de huevo. Luego se sazona con condimentos y sal a gusto; se mezcla todo hasta formar una masa manejable, se forman las albóndigas y finalmente se fríen en aceite caliente. Este preparado se sirve acompañado de ensaladas (Figuras 22 y 23).

Figuras 22 y 23. Elaboración de Albóndigas de Cañahua.

Bocaditos dulces de cañahua

La elaboración de estos bocaditos se inicia con el pelado de los plátanos, los cuales se colocan en un plato plano y se procede a aplastarlos con ayuda de un tenedor. En un envase se debe colocar el pito de cañahua, azúcar, leche y el plátano aplastado; luego se mezcla hasta obtener una masa suave y flexible.

Finalmente se moldean con las manos los bocaditos en la forma que se desee y se sirven en una bandeja.

Figura 24. Bocaditos dulces de cañahua.

b) Usos medicinales

Quinua

Las aplicaciones de los granos andinos en la medicina tradicional son conocidas desde tiempos remotos. En las comunidades de altiplano y los valles se menciona que los curanderos Kallawayas (en aymara significa portadores de yerbas medicinales) hacen múltiples usos de ellos para fines curativos e inclusive mágicos, utilizando por ejemplo el grano, los tallos y las hojas de la quinua para este fin (Cuadro 3). Los modos de preparación y de aplicación varían para el uso interno como externo.

Según Zalles y De Lucca (2006), el cocimiento de 5 cucharadas de semillas de quinua en dos botellas de agua es un buen sudorífico. Este mismo cocimiento endulzado con miel de abejas o chancaca, es un remedio probado contra las afecciones bronquiales, catarro, tos, e inflamación de las amígdalas.

Las hojas frescas de la quinua ´Chiwa, consumidas ya sea en forma de sopas o de segundo, es el remedio indicado contra el escorbuto y otros males o enfermedades causadas por una avitaminosis o falta de alguna vitamina en el organismo. Es un remedio probado contra el aántrax, herpes, urticaria, 'llejti' y otras afecciones de la piel (Zalles y De Lucca 2006).

La infusión de 2-3 hojas frescas de quinua en un jarro de agua hirviendo se usa como remedio contra la inflamación de riñones, vejiga, uretra y próstata.

La sopa de quinua con ullucu o papalisa picada aumenta en forma inmediata, la leche de las mujeres que lactan. Contra la neumonía y los dolores de espalda y de cintura, se aplica a las partes afectadas parches o emplastos preparados con el cocimiento de malva y harina de los granos de quinua (Zalles y De Lucca 2006).

Cuadro 3. Partes utilizadas, estado de aplicación, aditivos utilizados y aplicaciones curativas de la quinua en la medicina tradicional.

Parte Utilizada	Estado de aplicación	Aditivos	Aplicación curativa
Tallo y hojas	Cocimiento	Aceite, vinagre, pimienta	Proporciona sangre
Hojas	Cocimiento	Vinagre	Gargarismo y cataplasma, desinflama la garganta y cura las anginas
Hojas	Cocimiento	Azúcar y canela	Purifica el estomago, desaloja la flema y la bilis, aplacan el dolor de la orina, quita las nauseas y el ardor del estomago
Grano	Cocimiento		Cura abscesos del hígado y supuraciones internas, afecciones catarrales, es un laxante suave, es bueno para el insomnio, combate la caspa y es buen tónico para el cabello
Grano	Cocimiento	Leche y aceite de almendras	Para lavar los oídos ante el dolor, ruidos y sordera
Grano	Caldo, sopa, graneado caliente		Tónico y nutritivo, aumenta la leche materna, reparador de fuerzas, preserva de la tuberculosis, aplicado al cuello corta las anginas
Grano	Chicha		Aumenta la leche materna
Grano	Mate		Restaura el apetito, reprime los vómitos, aplaca el ardor de la calentura, aplaca el dolor de hígado y riñones
Grano (Pandela roja, Chillpe)	Molido	Calentar con agua y hacer una masa dura	Aplicar en cataplasma como venda dura para golpes, fracturas de huesos, torceduras y esguinces

Fuente: Jiménez *et al.* (1998)

Para que un absceso madure rápidamente, se aplica sobre este a manera de cataplasma la masa resultante de moler juntos: harina de quinua, hojas de qentu y ullucu o papalisa.

La quinua amarga o sin lavar, molida en cantidad de una libra mezclada con hiel de res, hojas de chakhataya molidas, media libra de untu (grasa) de llama, incienso y un poco de sal, se calienta en un recipiente y se aplica sobre huesos rotos, luxaduras y esguinces de las extremidades. Para consolidar fracturas de huesos se aplica una masa preparada con harina de quinua, un poco de sal y el cocimiento de Chakhataya seca igual que el yeso (Zalles y De Lucca 2006).

Contra el dolor de garganta, así como para acelerar la maduración de los abscesos, da buenos resultados aplicar como emplasto en los lugares afectados, una pasta que se prepara con tubérculos de oca molidos y harina de quinua.

Cañahua

El grano tostado y molido de la cañahua sirve para controlar la disentería amebiana en niños, además de ser recomendable para personas que sufren de anemia (madres gestantes y lactantes), para luxaciones, debilidad, cansancio físico, diabetes, falta de memoria, problemas estomacales y el sorojchi.

El sorojchi es un malestar físico temporal provocado por la falta de oxígeno que se la conoce como mal de altura; para contrarrestar este malestar, los agricultores tuestan y muelen granos de cañahua silvestre con hojas de otra planta medicinal llamada k'intu. La mezcla se hace hervir en agua y posteriormente se le proporciona a la persona afectada (Pinto *et al.* 2008).

Para curar las luxaduras se muele el grano de cañahua mezclando con altamisa, chillca, manq'a paqui y garbanzo; éste preparado se coloca encima de la luxadura como cataplasma que absorbe y da estabilidad como el yeso.

Cuando una persona está con debilidad por cansancio físico y mental, es aconsejable proporcionarle pito de cañahua cultivada o cañahua silvestre, y este por tener alto valor nutritivo permite que la persona retome fuerzas y estabilidad en sus músculos. Algunas familias acostumbran colectar plantas de cañahua silvestre para hacer hervir en agua y dar de tomar a personas con problemas estomacales.

La semilla seca en forma de harina y disuelta en agua con un poco de vinagre se ingiere para el tratamiento de la fiebre tifoidea.

Las cenizas del tallo se empelan como repelentes contra picaduras de insectos y arácnidos.

Del tallo (cañahua-quinua) se obtiene una ceniza (llipta) que se agrega a los alimentos para evitar problemas de digestión y como sustituto del bicarbonato de sodio en la masticación de la coca.

c) Usos artesanales

En algunas comunidades del altiplano norte de Bolivia, especialmente aquellas situadas en proximidades al Lago Titicaca, se realizan artesanías con quinua (Flores *et al.* 2008) como:

- *Animales en miniaturas:* elaboradas con masa de quinua molida, manteca y katahui (cal apagada), que luego son moldeadas en formas de animales. Se exponen y en algunos casos se comercializan en ferias locales, como por ejemplo en la Feria de Alasita en el departamento de La Paz.

- *Jaulas:* elaboradas con tallos secos de quinua (chaka) de diferentes tamaños y para criar aves pequeñas. En algunos casos se utilizan como trampas para contrarrestar el ataque de aves en parcelas de quinua.

- *Casas en miniatura:* elaboradas con tallos secos de quinua; son de diferentes tamaños y usadas como adornos y juguetes para los niños.

d) Usos ceremoniales y religiosos

Los granos andinos en la época incaica eran considerados como un alimento sagrado. Según los cronistas, en las fiestas religiosas la quinua se ofrecía al Dios Inti (Sol) en una fuente de oro, y cada año era el mismo Inca quien se encargaba de realizar una importante ceremonia antes de iniciar la siembra.

La quinua silvestre forma parte importante de diversas ceremonias y rituales en varias comunidades del altiplano norte. En la época de carnavales el grano y la planta son utilizados en el ritual de la Candelaria, donde junto a otras semillas, son bendecidas por los Yatiris (maestro de rituales) como ofrendas a la Pachamama (madre tierra) y a los Apu Achachilas (cerros sagrados), en agradecimiento a los primeros frutos obtenidos en la chacra y para que exista abundancia en la producción de los cultivos de la comunidad. Para San Juan y en ocasión del año nuevo aymará se celebra el adornado ó tikanchado de los ganados ovinos y vacunos, los cuales son bendecidos con agua mezclada con quinua silvestre para que se multipliquen como la planta hace con las semillas, lo cual es símbolo de fertilidad.

En las comunidades rurales los Yatiris colectan y conservan semilla de cañahua silvestre cuando estas están maduras. Las semillas son utilizadas en ceremonias andinas en donde son colocadas en las mesas para pedir a las deidades abundancia en los cultivos y animales. La cañahua silvestre al producir muchos granos es considerada como sinónimo para pedir que tanto la producción como los animales se multipliquen.

e) Uso como forraje

La quinua y la cañahua también son usadas como forraje en la alimentación de vacas, ovejas y llamas, en algunos casos se usan para la alimentación de cerdos y burros. Esto principalmente se realiza cuando las plantas son tiernas, pero también se proporciona como forraje el rastrojo de las plantas cosechadas (tallos y hojas secas luego de la trilla y el venteo).

Se ha registrado que las plantas de cañahua o sus rastrojos son más apetecidas por el ganado en comparación a la quinua; es posible que esto suceda debido a que la cañahua no es muy leñosa y no es amarga (no contiene saponina), en cambio, la quinua es más dura y tiene cierto amargor (saponina) que la hace menos palatable para el ganado. Los agricultores acostumbran amarrar a los animales en lugares donde hay mayor población de plantas de cañahua o quinua silvestre para que estas sean consumidas por los animales, y por lo general estos sitios están cerca de sus casas.

Los resultados de investigaciones con cañahua forrajera indican que los efectos más favorables para la producción de leche se obtuvieron con 12 kg de cañahua forrajera / vaca / día. Con este nivel de suplementación, la calidad de leche mejoró como resultado del incremento del tenor graso.

2. Usos nuevos o innovaciones en la agroindustria de los granos andinos

Los granos andinos se pueden combinar con leguminosas como las habas secas, el fréjol y el tarwi para mejorar la calidad de la dieta especialmente de los niños pre-escolares y escolares a través del desayuno escolar. Sin embargo, la incursión de la agroindustria con valor agregado es incipiente. De todas maneras en la actualidad se encuentran disponibles varios subproductos elaborados o semielaborados, aunque generalmente a precios más elevados por lo que en muchos casos se vuelven inalcanzables para la mayoría de la población.

Cereales para el desayuno

La población del área urbana utiliza el término "cereal" a un producto que ya está listo para consumirse y que generalmente se toma como desayuno; lo mismo sucede con los granos de donde ese producto se deriva. Los productos denominados "cereales" pueden clasificarse de acuerdo con sus métodos de procesamiento: inflado, en hojuelas, rallado y unos cuantos productos preparados como gránulos.

Los cereales calientes son productos de grano procesado que deben someterse al calor antes de ser consumidos. Algunos de los productos antes mencionados también están pre-endulzados, es decir, contienen azúcar a un nivel apropiado para utilizarlos sin una adición posterior de edulcorantes.

Cereales inflados

En el mercado local existen las granolas para desayuno que están preparadas con base en cereales y algunos granos andinos inflados (trigo, quinua, amaranto y cañahua), y que mezclados con frutas deshidratadas y oleaginosas como coco rallado, maní, almendras y nueces picadas, son productos apetecidos por las personas de todas las edades. La agroindustria realiza estas mezclas para equilibrar los nutrientes basándose en la pirámide nutricional. La desventaja de este tipo de producto es el pardeamiento no enzimático al que se someten los granos al ser tostados.

Cereales extrusados

Este proceso es versátil pues se pueden combinar cereales y granos andinos con leguminosas y adicionar sales minerales y fibra dietaria simultáneamente. Este proceso es continuo, no hay pardeamiento no enzimático, y no existe deterioro de nutrientes. Lo que se presenta en este proceso es un reordenamiento de los macro y micro nutrientes a nivel molecular para facilitar una mayor absorción por el organismo.

Papillas reconstituidas

La constitución química de los granos andinos tiene una gran ventaja en la elaboración de este tipo de alimentos debido a que no contienen gluten. Por tanto son altamente recomendados para niños menores a nueve meses que tiene predisposición a alergias al gluten. Además, son reconocidos por tener lisina, un aminoácido esencial para la nutrición de los niños.

Para la elaboración de papillas, el proceso que se utiliza es el de extrusión sistema HTST. Posteriormente a la extrusión, estas se reconstituyen con leche, cacao en polvo, sales minerales y vitaminas. El proceso de extrusión es un procesos de cocción del almidón vía gelatinización de las moléculas de amilasa y amilopectina; por lo tanto, el alimento producido es instantáneo y de reconstitución inmediata. Este proceso utiliza granos andinos enteros, y cabe anotar que no existe ningún tratamiento previo que en otros alimentos es fundamental.

En la actualidad algunas agroindustrias ven este tipo de productos como una gran alternativa para la incorporación en desayunos escolares, que al mezclarlos con una leguminosa y otros granos andinos, se puede obtener un producto muy similar al MAYSOY para ayudar al sistema nutricional nacional.

Figuras 25, 26 y 27. Pipocas de quinua; Hojuelas, sémola, pipocas y turrones de quinua; Hojuelas de quinua.

Cereales en hojuelas

Las hojuelas de cereales y granos andinos se hacen con el grano entero precocido o crudo. Las hojuelas precocidas se elaboran cocinando previamente los granos con un contenido de agua de sobresaturación; luego estos son secados hasta una humedad estable, posteriormente se pasan por rodillos concéntricos y finalmente son retostados y endulzados con adición de vitaminas y minerales, estando así listas para el consumo directo con la adición de agua, leche hervida o yogurt. Las hojuelas crudas son granos con humedad estable pasados por unos rodillos excéntricos, luego son secados para evitar su pronto deterioro. Antes de ser consumidos deben ser cocinados. Estos pueden emplearse para la elaboración de compotas, desayunos calientes, sopas, etc.

Cereales rallados

La quinua rallada es el cereal al que no se le adiciona ningún ingrediente. El grano de quinua se cuece, se seca parcialmente y se templa. Entonces se hace pasar entre rodillos, uno de los cuales es liso y el otro tiene ranuras. El grano húmedo se plastifica en el claro entre los rodillos y fluye dentro de las ranuras, lo que produce una serie de filamentos con un diámetro aproximado de 1 mm.

Estos filamentos se acumulan en capas múltiples para luego ser horneados. Para facilitar la formación de estos cereales artesanalmente, se mezclan con harina de trigo y se hornean como galletas (palitos de quinua, palitos de amaranto, gusanitos de cañahua).

Cereales calientes

Los cereales calientes son los que tienen que calentarse antes de emplearse, o se preparan agregando agua u otro liquido caliente como leche. Son siempre productos molidos y laminados de granos que han sido precocidos en forma adiabática sin generar pardeamiento no enzimático y sobresaturación de agua; si se requiere mejor rehidratación, el laminado debe ser lo más delgado posible.

Bibliografía

Alarcón V, Mamani E, Quispe R, Mamani R. 2009. Desarrollo de nuevos productos derivados de las EOS con sustento teórico y práctico para la producción y comercialización por los mismos agricultores. Informe Enero - Diciembre 2009. IFAD-NUS II. Fundación PROINPA. La Paz - Bolivia. pp. 76 -89.

Apaza S. 2008. Recomendar una estrategia de uso de las EOS importantes en áreas prioritarias. Informe 2007-2008. IFAD-NUS II. Fundación PROINPA. La Paz, Bolivia. pp. 72 -86.

Flores J, Mamani E, Alarcón V, Paco V, Rojas W. 2008. Caracterización de los conocimientos tradicionales asociados a la agrobiodiversidad en Coromata Media y Santiago de Okola. Informe Octubre 2007 - Junio 2008. NUS IFAD II. Fundación PROINPA. La Paz - Bolivia. pp. 129 - 143

Jiménez F, Pally P, Durand L, Pérez M, Barrientos F. 1998. Investigación y transformación de tecnología para ecosistemas frágiles. Informe final Proyecto OHIANA. Apoyo a la agrobiodiversidad de quinua real endémica en la serranía volcánica del intercalar Uyuni-Coipasa de Bolivia.

Mamani E, Alarcón V. 2008. Desarrollo de nuevos productos derivados de las EOS con sustento teórico y práctico para la producción y comercialización por los mismos agricultores. Informe Junio - Diciembre 2008. IFAD-NUS II. Fundación PROINPA. La Paz - Bolivia. pp 36 -43.

Pacosillo V, Chura B. 2002. Identificación de prácticas de procesamiento y obtención de derivados de cañahua y quinua a nivel familiar. En: Informe Técnico Anual 2001 - 2002. Año 1. Proyecto "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". IPGRI - IFAD, Fundación PROINPA. LA Paz, Bolivia. pp. 115-117.

Pinto M, Rojas W, Soto JL. 2008. Variedad de cañahua: *Illimani*. Ficha Técnica. Fundación PROINPA. La Paz, Bolivia. Marzo, 2008.

Rocha P. 2003. Identificar prácticas de procesamiento y obtención de derivados de amaranto (millmi) a nivel familiar. En: Informe Técnico Anual 2002 - 2003. Año 2. Proyecto "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". IPGRI - IFAD, Fundación PROINPA. LA Paz, Bolivia. pp. 121-123.

Vidaurre PJ, Alanoca C, Flores J, Soto JL, Pinto M, Rojas W. 2005. Participación y apoyo en ferias de biodiversidad. En: Rojas, W. (Ed.) Proyecto Manejo, Conservación y Uso Sostenible de los Recurso Genéticos de Granos Altoandinos, en el marco del SINARGEAA. Informe Final 2004-05. Fundación PROINPA. La Paz, Bolivia. pp. 140-147.

Zalles J, de Lucca M. 2006. Utusan Utjir Qollanaka. Medicinas junto a nuestra casa. Descripción y uso de 100 plantas medicinales del Altiplano Boliviano. La Paz, Bolivia. 140 p.

XII. Valor nutricional, agroindustrial y funcional de los granos andinos

Wilfredo Rojas[1], Milton Pinto[2], José Luis Soto[3], Elsa Alcocer[4]
[1] Ing. Agr., M.Sc. Coordinador Regional Altiplano, Fundación PROINPA; E-mail: w.rojas@proinpa.org
[2] Ing. Agr., Responsable Área Recursos Genéticos, Regional Altiplano, Fundación PROINPA; E-mail: m.pinto@proinpa.org
[3] Ing. Agr., M.Sc. Trabajó en la Fundación PROINPA hasta diciembre de 2008; E- mail: josesoto1@yahoo.com
[4] Ing. Qmc., Gerente General LAYSAA srl., Cochabamba, Bolivia; E- mail: elaysaa@yahoo.es

Desde el punto de vista nutricional los granos andinos son fuente natural de proteína vegetal económica y de alto valor nutritivo por la combinación de una mayor proporción de aminoácidos esenciales. Igualmente son fáciles de digerir y se consideran alimentos funcionales y con buen potencial agroindustrial.

Introducción

Los granos andinos (quinua, cañahua y amaranto) desde el punto de vista nutricional y alimentario, son fuente natural de proteína vegetal económica y de alto valor nutritivo por la combinación de una mayor proporción de aminoácidos esenciales, que les confieren un valor biológico comparable solo con la leche, la carne y el huevo.

Como fuente de proteína vegetal, los granos andinos ayudan al desarrollo y crecimiento del organismo, conservan el calor y 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.

En consideración a lo indicado, muchos profesionales del sector de la salud y nutrición humana coinciden en mencionar que "el valor alimenticio de un producto se aprecia no solo por la proporción y cantidad de sus nutrientes, sino también por su calidad, su grado de digestibilidad y utilización posterior por el organismo".

En los últimos veinte años se ha venido acumulando mucha información científica que atestigua los efectos beneficiosos de los granos andinos para la salud. De esta forma surgen los "alimentos funcionales" que son alimentos

o componentes de la dieta de una persona que pueden aportar un beneficio para la salud más allá de la nutrición básica, ya que le añaden otros ingredientes beneficiosos como fibras, vitaminas, minerales, entre otros.

Valor nutritivo y agroindustrial de los granos andinos

Para el conocimiento real del potencial de la composición química de los granos andinos, diversos investigadores e instituciones han realizado diferentes tipos de análisis de muestras de granos, productos transformados (harinas, hojuelas, pipocas, panes, etc.) e inclusive de los subproductos y/o partes de la planta (tallos, hojas), a fin de mostrar y evidenciar sus bondades nutritivas.

Sin embargo, en la mayoría de los casos se hace referencia a resultados promedios por cultivo, no se especifica la variedad que fue estudiada o se indica que presentan una amplia variación debido a las características propias del material genético y/o variedad analizada o debido al suelo donde han sido producidas, el estado fenológico y a los lugares donde se tomaron las muestras.

En el Cuadro 1 se hace una comparación entre la composición de nutrientes de la quinua, cañahua y amaranto, respecto al trigo, arroz y maíz, que tradicionalmente se mencionan en la bibliografía como los granos de oro. Se puede observar que los promedios que reportan para los granos andinos son superiores a los tres cereales en cuanto al contenido de proteína, grasa, fibra y ceniza, con excepción del maíz cuyo porcentaje de fibra está por encima de la quinua y el amaranto. En cuanto al contenido de carbohidratos, el trigo, arroz y maíz, superan a los granos andinos.

Cuadro 1. Composición de nutrientes (porcentaje) en quinua, cañahua y amaranto en comparación con el trigo, arroz y maíz

Grano	Proteína	Grasa	Fibra	Ceniza	Carbohidratos
Quinua*	13.81	5.01	4.14	3.36	59.74
Cañahua**	17.60	8.30	11.00	4.30	61.70
Amaranto**	13.50	7.10	2.50	2.40	64.5
Trigo**	8.6	1.5	3	1.7	73.7
Arroz***	9.9	1.55	0.7	0.64	74.24
Maíz*	9.2	3.8	9.2	1.3	65.2

* ßo (1991) y Morón (1999), citados por Jacobsen y Sherwood (2002)
** Collazos *et al.* (1996)
*** Instituto Nacional de Nutrición, citado por Mujica *et al.* (2002)

Por otro lado, frecuentemente se indica que los granos andinos son ricos y poseen una buena fuente de minerales. En el Cuadro 2 se muestran los valores registrado en estudios realizados por el Instituto Nacional de Laboratorios de Salud (INLASA).

Cuadro 2. Composición de minerales por 100 gramos de porción comestible de granos andinos.

Grano	Calcio (mg)	Fósforo (mg)	Hierro (mg)
Quinua *	113.3	250.6	5.0
Cañahua *	122.0	372.0	13.0
Amaranto *	249.3	459.0	6.6

Fuente: Instituto Nacional de Laboratorios de Salud INLASA (2005), La Paz, Bolivia.
* Promedios de 4 a 6 variedades analizadas por tipo de grano

El Cuadro 2 permite observar que la cañahua es especialmente rica en hierro, mientras que el amaranto es rico en calcio y fósforo. Al respecto, Repo-Carrasco (1998) sostiene que en general, casi todas las sustancias minerales (61%) están ubicadas en la capa de aleurona.

La literatura en nutrición humana indica que solo cuatro aminoácidos esenciales probablemente limiten la calidad de las dietas humanas mixtas. Estos aminoácidos son la lisina, la metionina, la treonina y el triptófano. Es así que si se compara el contenido de aminoácidos esenciales de los tres granos andinos con el trigo y arroz, se puede apreciar su ventaja nutritiva (Cuadro 3).

Cuadro 3. Contenido de aminoácidos de los granos andinos en comparación a los del arroz y trigo (g de aminoácido/16 g de nitrógeno).

Aminoácido	Quinua	Cañahua	Amaranto	Arroz	Trigo
Lisina	5.6	5.3	6.0	3.2	2.8
Metionina	3.1	3.0	3.8	3.6	1.3
Treonina	3.4	3.3	3.3	3.2	2.9
Triptófano	1.1	0.9	1.1	1.1	1.2

Fuente: Repo-Carrasco (1998)

Estos valores del contenido de aminoácidos en la proteína de los granos andinos cubren los requerimientos de aminoácidos recomendados para niños en edad preescolar, escolar y también para adultos (FAO / OMS / UNU 1985). Para evaluar la calidad de la proteína basándose en aminoácidos esenciales, la FAO / OMS / UNU (1985) y Tapia (1990) recomiendan utilizar

el Patrón de Aminoácidos de Referencia (PARA) y el Computo de Aminoácidos (CA).

Con el propósito de introducir el concepto de la diversidad genética en los estudios de valor nutritivo y agroindustrial de los granos andinos, la Fundación PROINPA a través de los proyectos Sinargeaa Granos Andinos, IFAD-NUS, McKnight y UNEP / GEF, que ha manejado durante el periodo en que estuvo a cargo del Banco de Granos Andinos, se llevaron a cabo estudios con muestras de germoplasma que permiten cuantificar la variación genética respecto a estos caracteres y a partir de ahí promover su uso en función a las aptitudes intrínsecas de cada material genético.

A continuación se presentan los resultados de los análisis de 555 accesiones de quinua, 90 accesiones de cañahua y 12 accesiones de amaranto que representan el 18%, 11% y 24%, respectivamente, de las colecciones de germoplasma que se conservan en el Banco de Germoplasma de Granos Andinos.

Quinua

El resumen de los parámetros estadísticos estimados para cada característica del valor nutritivo y agroindustrial estudiado del germoplasma de quinua se presenta en el Cuadro 4, los cuales están expresados sobre base seca (Rojas y Pinto 2006).

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 4. Características de valor nutritivo - agroindustrial y estadísticos simples de 555 accesiones de quinua.

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
Humedad (%)	4,91	15,3	9,91	1,78
Energía (Kcal / 100 g)	312,92	401,27	353,36	13,11
Granulo almidón (µ)	1,00	28,00	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 de muestras realizadas por LAYSAA, Cochabamba

La cantidad de proteína fluctuó de 10.21 a 18.39% (Cuadro 4) y estos valores son más amplios que al rango de 11.6 - 14.96% que reportan _o (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, es decir, cuántos y qué cantidad de aminoácidos esenciales proporcionan al organismo cada proteína para la síntesis de tejidos (Ayala *et al.* 2004).

La Figura 1 muestra la distribución del contenido de proteína en función a la cantidad de accesiones, y en la cual 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.

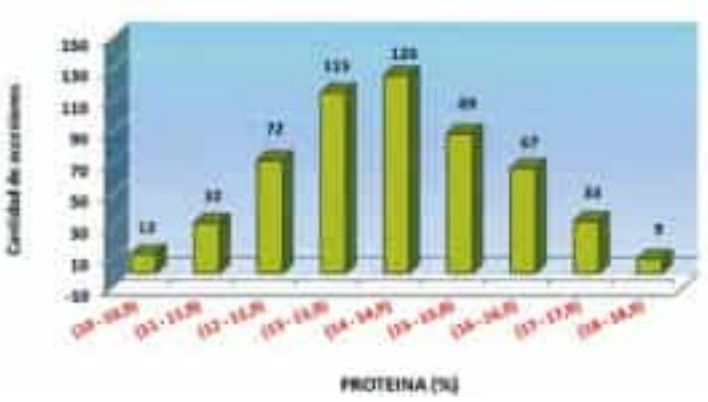


Figura 1. Variación en el contenido de proteína de 555 accesiones de quinua.

El contenido de grasa fluctuó entre 2,05 a 10,88% con un promedio de 6,39% (Cuadro 4). El rango superior de estos resultados es mayor al rango de 1.8 a 9.3% que reportan ßo (1991) y Morón (1999) citados por 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.

En el Cuadro 4 también se observa importantes proporciones de fibra que va de 3.46 a 9.68%, y estos contenidos están por encima del 2 al 4% que reportan Jacobsen y Sherwood (2002). En cuanto a la ceniza, las accesiones de quinua estudiadas reportaron una variación de 2.12 a 5.21% con un

promedio de 3,59%. Estos resultados se encuentran dentro del rango de 2.22 a 9.80% que indican Jacobsen y Sherwood (2002), quienes a su vez manifiestan que la quinua contiene importantes porcentajes de Ca, Mg, K, Zn y especialmente Fe, comparado con otros cereales. Asimismo, el contenido de carbohidratos en los granos de quinua estudiados varió de 52,31 1 72,98% y de energía fluctuó de 312,92 a 401,27 Kcal.

La variación genética del tamaño de gránulo de almidón fluctuó entre 1 a 28 µ, permitiendo esta variable dar una orientación agroindustrial para realizar las distintas mezclas con cereales y leguminosas y establecer el carácter funcional de la quinua. Es muy importante que el granulo sea pequeño para facilitar el proceso de texturizado. Cuando el granulo 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).

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, siendo el parámetro que determina la calidad de los carbohidratos; además, 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 cumplan 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.

Cañahua

El resumen de los parámetros estadísticos estimados para cada característica del valor nutritivo y agroindustrial estudiada del germoplasma de cañahua se presenta en el Cuadro 4, los cuales están expresados sobre base seca (Rojas y Pinto, 2008). Se puede observar que las accesiones de cañahua también muestran una amplia variabilidad para la mayoría de las características estudiadas, lo cual es un indicativo de su potencial genético.

La cantidad de proteína se presenta en el Cuadro 5 muestra una fluctuación de 12.76 a 19.00% (Rojas y Pinto 2006; Rojas y Pinto 2008), y estos valores son más amplios que los que reportan Mujica et al. (2002), quienes con base en diferentes trabajos de investigación indican una variación de 13.8 a 16.72%.

Cuadro 5. Características de valor nutritivo - agroindustrial y estadísticos simples de 90 accesiones de cañahua.

Componente	Mínimo	Máximo	Media	SD
Proteína (%)	12,76	19,00	16,12	1,55
Grasa (%)	2,11	14,50	7,46	1,96
Fibra (%)	5,45	11,12	8,41	1,16
Ceniza (%)	3,12	5,77	4,29	0,58
Carbohidratos (%)	45,72	67,70	56,91	5,33
Humedad (%)	4,68	14,70	10,37	1,76
Energía (Kcal / 100 g)	324,54	396,42	358,92	20,52
Granulo almidón (µ)	5,50	38,0	18,98	6,96
Azúcar invertido (%)	5,00	35,00	15,33	7,55
Agua de empaste (%)	9,00	39,00	20,18	6,21

SD = Desviación estándar; Análisis de muestras realizadas por LAYSAA, Cochabamba

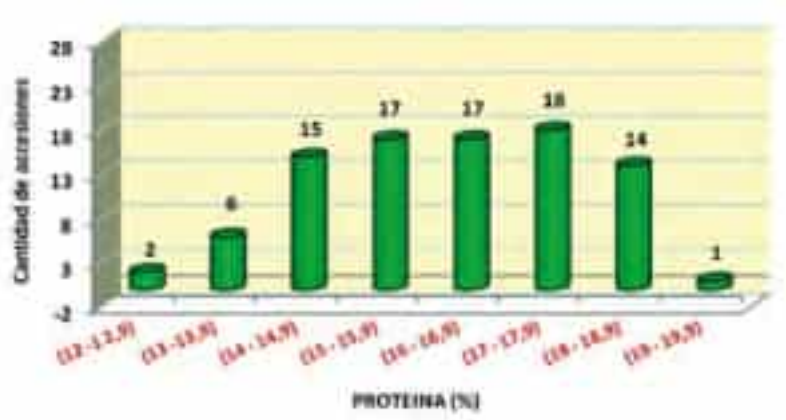


Figura 2. Variación del contenido de proteína de 90 accesiones de cañahua.

La Figura 2 muestra la distribución del contenido de proteína en función a la cantidad de accesiones, observándose que la mayor frecuencia de accesiones de cañahua tiene un contenido de proteína que varía de 14 a 18,9%, mientras que existe una accesión cuyo contenido de proteína es de 19%. Esta información por accesión se constituye en una fuente importante de genes para impulsar el desarrollo de productos con altos contenidos de proteína.

El contenido de grasa fluctuó entre 2.11 a 14,50% (Cuadro 5), y estos resultados son también más amplios que el rango de 4.5 a 8.4% que reportan Mujica *et al.* (2002). Estos valores del germoplasma de cañahua y tal como se indicó en la quinua son expectables para la obtención de aceites vegetales finos para el uso culinario y cosmético.

El contenido de fibra varió de 5.45% hasta 11.12%, y estos resultados son superiores en comparación al trigo que tiene solamente 3%; más adelante se explica el valor funcional que tiene la cañahua. El contenido de carbohidratos fluctuó de 45,72 a 67,70%, mientras que el contenido de ceniza de 3.12 a 5.77%, pero en esta última variable es importante determinar el contenido de calcio (Ca), fósforo (P) y hierro (Fe), que son considerados los componentes menores más importantes de la cañahua.

La variación genética del tamaño de granulo de almidón fluctuó entre 5,5 a 38 µ (Cuadro 5), y estos resultados tal cual se explicó en quinua, permiten orientar el uso de la cañahua en la elaboración de texturizados, snacks y botanas, considerando que los granulos pequeños son mas fáciles de insuflar porque los espacios de granulo a granulo permiten introducir mayor cantidad de aire para el intercambio y formación de burbujas de aire.

El contenido de azúcares invertidos varió de 5 a 35%, y esta variable expresa la cantidad de azúcar que inicia la fermentación por el desdoblamiento o inversión, siendo el parámetro para determinar la calidad de los carbohidratos. El porcentaje óptimo del contenido de azúcar invertido es ≥ a 25%, y de acuerdo a este parámetro, las accesiones de cañahua que reportan igual o mayor porcentaje tienen cualidades importantes para ser usados en mezclas con harinas para procesar panes.

Amaranto

El resumen de los parámetros estadísticos estimados para cada característica del valor nutritivo y agroindustrial estudiado del germoplasma de amaranto se presenta en el Cuadro 6, los cuales están expresados sobre base seca (Aliaga y Serrano 2009). La cantidad de proteína fluctuó de 10.60 a 12.90%, estos valores están dentro del rango que reporta la bibliografía (10.2 a 20.1%)

La Figura 3 muestra la distribución del contenido de proteína en función a la cantidad de accesiones, y en la cual se puede observar que la mayor frecuencia de accesiones de amaranto tiene un contenido de proteína que varía de 11 a 11,9%, mientras que existen tres accesiones cuyo contenido de proteína es superior a 12%.

Cuadro 6. Características de valor nutritivo - agroindustrial y estadísticos simples de 12 accesiones de amaranto.

Componente	Mínimo	Máximo	Media	SD
Proteína (%)	10,60	12,90	11,63	0,67
Grasa (%)	6,45	8,60	7,01	0,64
Fibra (%)	2,41	5,56	3,31	0,90
Ceniza (%)	1,91	2,56	2,20	0,22
Carbohidratos (%)	64,40	69,60	67,30	1,43
Humedad (%)	10,70	12,80	11,88	0,72
Energía (Kcal / 100 gr)	371,00	386,00	378,58	4,32
Calcio (mg-Ca / 100 g)	121,00	197,00	159,67	24,16
Hierro (mg-Ca / 100 g)	3,90	5,40	4,73	0,47
Fósforo(mg-Ca / 100 g)	321,00	481,00	380,33	49,45
Potasio (mg-Ca / 100 g)	323,00	474,00	378,75	44,81
Vitamina "C" (mg / 100 g)	0,75	2,63	1,26	0,78
Azúcar invertido (%)	1,50	2,32	1,81	0,25

SD = Desviación estándar; Análisis de muestras realizadas por el Instituto de Tecnología de Alimentos - ITA, Sucre

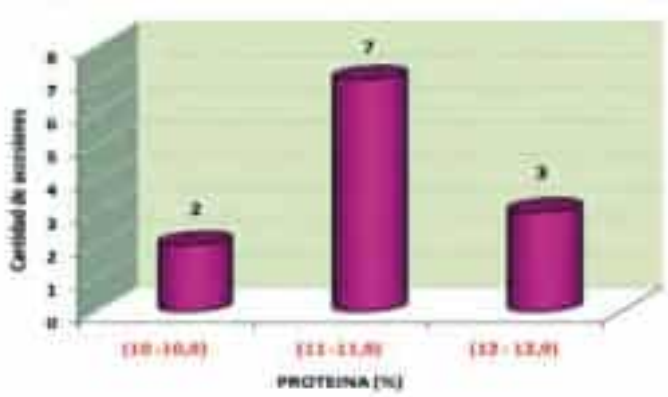


Figura 3. Variación en el contenido de proteína de 12 accesiones de amaranto.

El amaranto presenta una buena eficiencia proteica comparable a la caseína de la leche y complementa a los cereales pobres en lisina. La proporción de aminoácidos esenciales de la proteína del grano de amaranto es significativamente mejor que la de muchas otras proteínas de origen vegetal.

El valor energético varió de 371 a 386 Kcal / 100 g de producto comestible, mientras que el contenido promedio de minerales como calcio, potasio, fósforo y hierro fue de 159.67, 378.75, 380.33 y 4.73 mg, respectivamente (Cuadro 6).

Valor funcional de los granos andinos

El mayor conocimiento de las características bromatológicas y nutricionales de los cultivos nativos del área andina y en particular de los granos andinos, podría permitir conformar un grupo de recomendaciones destinadas a mejorar el nivel nutricional, desarrollando mezclas para un balance equilibrado de nutrientes, y considerando parámetros esenciales de la pirámide nutricional (Pamplona 1999).

Se considera el uso de los granos andinos en la alimentación como alimentos funcionales ya que las cualidades de sus componentes las hacen insustituibles en la dieta. Por lo tanto, se llaman alimentos funcionales a aquellos que tienen la característica de que cuando se ingieren, desarrollan una función esencial de no solo nutrir sino que combinados con otros elementos, generan funciones orgánicas de beneficio en el organismo. Los parámetros importantes en los granos andinos son:

Proteínas

La proteína se encuentra en todos los tejidos de los granos, pero las mayores concentraciones se encuentran en el germen y las capas exteriores. En el caso de los granos andinos (quinua, cañahua, amaranto), el nitrógeno de la semilla representa entre el 25 y 30% de su peso total; esto ayuda a comprender por que la proteína de estos granos es diferente a la de los cereales comunes.

Por otra parte los granos andinos se diferencian en cuanto a sus fracciones proteicas del trigo, la cebada y el arroz, porque tienen mayor cantidad de albúminas y globulinas. La composición de aminoácidos en las diferentes fracciones proteicas es variable. Las proteínas solubles, albúminas y globulinas, tienen mayor contenido de aminoácidos esenciales especialmente lisina, que las proteínas insolubles (prolaminas y gluteinas); por ello su valor biológico es superior. La lisina es el primer aminoácido limitante del trigo y de casi todos los cereales comunes.

La desventaja en la transformación es que la proteína de la quinua es de carácter termolábil, lo que quiere decir fácilmente destruible a la temperatura de 65ºC en base seca, lo que la limita su consumo.

La proteína de la cañahua es del tipo albúmina y globulina, siendo este el componente más importante en las células, los tejidos y los músculos del cuerpo humano, así como de la sangre, de la piel y de todo los órganos internos; los huesos también están formados por proteínas de colágeno, sobre los que se asientan el calcio y otros minerales, y no se almacenan en el organismo como las grasas o los hidratos de carbono. Por ello, es necesario ingerirla de forma constante a lo largo de la vida (Mujica *et al.* 2002).

Grasas

Los granos andinos tienen un contenido de grasa superior al de los cereales. La mayor parte de las grasas (lípidos) se encuentran en el germen de los granos - cereales. Casi la mitad de la grasa son ácidos grasos mono-insaturados, y la otra mitad son ácidos grasos bi y poli-insaturados.

Los ácidos grasos mono-insaturados tienden a enranciarse más que los ácidos grasos saturados. El valor nutritivo de ácidos grasos insaturados es más alto que el valor nutritivo de los ácidos grasos saturados, y los poli-insaturados son los que tienen el máximo de valor nutritivo (Alcocer *et al.* 2004).

Según Mujica *et al.* (2002) el tipo de ácidos grasos del grano de cañahua es insaturado por ser de origen vegetal y son más saludables en relación a los ácidos grasos saturados de origen animal. Tienen también la propiedad de reducir la producción del colesterol en el organismo, pero el déficit de estos ácidos grasos se manifiestan por retraso en el crecimiento, sequedad de la piel y alteraciones nerviosas y genitales.

Estudios realizados en los laboratorios LAYSAA de Cochabamba revelan que el grado de extracción del aceite de los granos andinos es superior al maíz y con distribución de ácidos grasos como olenoleico y acido linolenico en el caso de la quinua y escualeno en el caso del amaranto.

Fibra dietaria

El consumo de fibra de origen vegetal tiene efectos positivos en la salud. La fibra soluble reduce el nivel de colesterol de la sangre previniendo así problemas cardiovasculares. También se ha encontrado que una dieta rica en fibra es beneficiosa para las personas que sufren de diabetes y obesidad (Repo-Carrasco 1998).

Los granos andinos en general y especialmente la cañahua, es apreciada por la calidad de su fibra dietaria, pues aproximadamente el 80% de esta es dietética - lo que la hace muy apreciada. La fibra dietética es única, ya que se constituye como una verdadera "escoba intestinal", que aunque no proporciona energía ni pasa a la sangre, es un componente imprescindible en una dieta sana y equilibrada pues evita el estreñimiento y baja el colesterol.

La composición de esta fibra es de carácter celulósica, que al pasar al organismo se hincha con el agua aumentando varias veces su volumen, y va absorbiendo toxinas y arrastrando sustancias nocivas como los ácidos biliares precursores del colesterol, entre otras. Por tanto, es necesario enfatizar que el consumo de fibra insoluble tiene efectos positivos en la salud. Las fibras solubles (pectinas, ß-glucanos, pentosanas) por su parte, reducen el nivel de colesterol de la sangre previniendo así problemas cardiovasculares.

La fibra es un componente imprescindible en una dieta sana y equilibrada porque evita el estreñimiento, la obesidad, los trastornos intestinales, las hemorroides, el cáncer del colon, hernias abdominales, afecciones coronarias, entre otros (Mujica *et al.* 2002).

Minerales

Los granos andinos son ricos en minerales tales como el hierro, fósforo y calcio ubicados en la capa de aleurona. La cañahua es especialmente rica en hierro, y la quinua y el amaranto son ricos en calcio. Según Jacobsen y Sherwood (2002) investigaciones sobre el contenido de minerales han mostrado que la quinua contiene importantes porcentajes de calcio, magnesio, potasio, zinc y especialmente hierro. Por lo general se destaca el alto contenido de estos minerales al momento de comparar con otros cereales como el trigo y la cebada.

Calidad gluten free

La calidad *gluten free* se les asigna a algunos alimentos que contienen proteínas pero no están libres de gluten; una de las características de los granos andinos es tener proteínas y aminoácidos esenciales, libres de gluten.

El gluten es un material elástico compuesto de proteínas incompletas que en el organismo de los niños menores de nueve meses pueden causar alergias y predisposición a la *celiaquía*, enfermedad que se caracteriza por la sensibilidad a la prolamina de los cereales, particularmente hipersensibilidad a las gliadinas solubles en alcohol del trigo. La enfermedad se manifiesta por cuadros de diarrea aguda, que si no se controlan, causan la muerte. Los enfermos que padecen de esta enfermedad buscan alimentos sustitutos del trigo, como el arroz que no contiene gluten, y mezclados con granos andinos dan un alimento perfecto para la población que padece este tipo de enfermedad.

La promoción para un mayor consumo de los granos andinos

La promoción de los granos andinos es sin duda una tarea primordial para incrementar el consumo y crear hábitos alimenticios en poblaciones especialmente del área urbana como los niños y las madres gestantes. La promoción del consumo debe ser llevada a cabo a nivel global mediante

propaganda en diferentes medios de comunicación oral y escrito, se debe buscar formas y presentaciones atractivas de los alimentos que sean de fácil preparación y ser accesibles para el nivel económico de la mayoría de las familias.

En los últimos años paulatinamente se ha hecho el intento para incorporar, como alternativa alimentaría en programas sociales de asistencia alimentaría como los desayunos escolares y el subsidio a la lactancia materna, productos procesados basados en quinua, cañahua y amaranto (Aroni *et al.* 2003). Los productos han sido galletas fortificadas, sustitutos lácteos, grano beneficiado y otros que si bien es una buena iniciativa, la visión general debería ser que esta actividad sea la que articule a los actores de la cadena productiva, donde todos sean los beneficiados para el bien de la seguridad alimentaría del país.

El uso integral y adecuado de los granos andinos en la alimentación de la población infantil y madres gestantes tiene un valor estratégico para satisfacer los requerimientos nutricionales y reducir los altos índices de desnutrición que se presentan actualmente.

Es también importante aclarar que se ha realizado la promoción de técnicas apropiadas de transformación e inocuidad de granos andinos manteniendo sus nutrientes y además cuidando que estos al ser sometidos a presiones y temperaturas altas mantengan o disminuyan en cantidades mínimas estos atributos nutricionales.

Bibliografía

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. 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". IPGRI - IFAD, Fundación PROINPA. La Paz, Bolivia. pp. 109-113.

Aliaga C, Serrano E. 2009. Análisis complementario del valor nutricional del amaranto. En: Informe Técnico Anual 2009. Proyecto "Fortalecimiento de las oportunidades de ingreso y la seguridad nutricional de los pobres rurales, a través de uso y mercadeo de las especies olvidadas y subutilizadas". IFAD - NUS II, Fundación PROINPA. La Paz, Bolivia. pp. 67-70.

Aroni G, Alcocer E, Soto JL, Rojas W. 2003. Pruebas de aptitudes agroindustriales con ecotipos promisorios de quinua real. En: Informe Técnico Anual. 2002-2003 (Año 2) Componente Bolivia. Proyecto "Elevar la contribución que hacen las especies olvidadas y subutilizadas a la seguridad alimentaria y a los ingresos de la población de escasos recursos". IPGRI - IFAD, Fundación PROINPA. La Paz, Bolivia. pp. 112-120.

Ayala, G, Ortega L, Moron C. 2004. Valor nutritivo y usos de la quinua. En: Mujica A, Jacobsen SE, Izquierdo J, Marathee JP (eds.). 2004. Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). Cultivo ancestral alimento del presente. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Universidad Nacional del Altiplano (UNA) y Centro Internacional de la Papa (CIP). Puno, Perú. pp. 215-253.

Collazos C, White P, White S. 1996. La composición de los alimentos peruanos. 5ta Edición. Instituto Nacional de Nutrición. Lima, Perú.

FAO/OMS/UNU. 1985. Necesidades de energía y proteínas. Informes Técnicos. OMS, Ginebra.

Instituto Nacional de Laboratorios de Salud (INLASA). 2005. Tabla boliviana de composición de alimentos. Ministerio de Salud y Deportes. Serie Documentos Técnicos. Cuarta Edición. La Paz, Bolivia. 82 p.

Jacobsen SE, Sherwood S. 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.

Mujica A, Dupeyrat R, Jacobsen S, Marca S, Canahua A, Apaza V, Aguilar PC, Ortiz R, Chura E. 2002. La cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en la nutrición humana del Perú. Puno, Perú. p 68.

Pamplona RID. 1999. Nuevo estudio de cida. Alimentos que curan y previenen. Editorial Safeliz. Buenos Aires, Argentina. 128 p.

Repo-Carrasco R. 1998. Introducción a la ciencia y tecnología de cereales y de granos andinos. Lima, Perú.

Rojas W, Pinto M, Alcocer E. 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, Pinto M. 2006. Evaluación del valor nutritivo y agroindustrial de accesiones de quinua y cañahua. En: Rojas W (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, Pinto M. 2008. Evaluación del valor nutritivo de accesiones de quinua y cañahua silvestre. En: Pinto M (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.

Tapia M. 1990. Cultivos andinos sub explotados y su aporte a la alimentación. ONU/FAO. Santiago, Chile.

XIII. Normatividad nacional e internacional de granos andinos (Normas técnicas y Producción y certificación ecológica)

José Luis Soto[1], Beatriz Gutierrez[2]
[1] Ing. Agr., M.Sc. Trabajó en la Fundación PROINPA hasta diciembre 2008; E-mail: josesoto1@yahoo.com
[2] Ing. Alm. Jefe de Normalización IBNORCA, La Paz; E-mail: beatriz.gutierrez@ibnorca.org

Las normas técnicas promueven la creación de un idioma técnico común a todas las organizaciones y es necesario para la libre circulación de los productos tanto anivel nacional como internacional, siendo necesario fortalecer este sistema en Bolivia.

Introducción

La rápida evolución de la tecnología y el desarrollo del comercio mundial de alimentos marcan necesidades que deben ser atendidas por los gobiernos y los diferentes agentes económicos, y establecen mecanismos y requisitos que permiten garantizar la calidad de la producción ecológica y la inocuidad de los alimentos, generalmente basados en el principio de bienestar y protección de la salud de los consumidores y el medio ambiente.

Las normas y reglamentaciones que se aplican al control de los alimentos pueden constituir un obstáculo al comercio de alimentos si estas se preparan sin una base científica o se aplican de manera no transparente y sin la participación de los involucrados. En este contexto, las actividades de armonización de normas y procedimientos de control en los alimentos que se comercializan a nivel internacional, así como la aplicación del concepto de equivalencias a las medidas sanitarias de control de los alimentos en los diferentes países adquieren particular importancia.

Nuestro país requiere del esfuerzo de todos los componentes de las cadenas agroproductivas de granos andinos (gobierno, ONGs, productores, empresas exportadoras y consumidores), con la finalidad de fortalecer un sistema técnico de normalización de los granos andinos, y de disponer de información y evidencias que permitan demostrar a los consumidores de mercados nacionales e internacionales que la producción de estos granos

se ha realizado de acuerdo a normas internacionales, que los productos son ecológicos e inocuos, y que reúnen las características de calidad exigidas. En otras palabras las normas técnicas promueven la creación de un idioma técnico común para todas las organizaciones y es una contribución importante para la libre circulación de los productos.

El presente capitulo consta de dos partes: las normas técnicas para granos destinados al consumo humano y la comercialización, y el marco normativo de producción y certificación ecológica.

¿Qué es una norma técnica? Norma boliviana IBNORCA

La Norma Técnica (NT) es un documento que contiene definiciones, requisitos, especificaciones de calidad, terminología, métodos de ensayo o información de rotulado, entre otros. Su elaboración esta basada en resultados de la experiencia, de la ciencia y del desarrollo tecnológico, de tal manera que se pueda estandarizar procesos, servicios y productos.

La NT es elaborada exclusivamente bajo consenso de las partes interesadas (productores, consumidores y técnicos), y finalmente es aprobada por un organismo reconocido en Bolivia, el Instituto Boliviano de Normalización y Calidad (IBNORCA). La norma es de carácter totalmente voluntario.

En la actualidad las NT no sólo son una necesidad, sino que se han convertido en instrumentos para que los productos bolivianos puedan ingresar a mercados de consumo nacional e internacional, pues crea las condiciones necesarias para el intercambio comercial abierto. Por lo tanto es la herramienta fundamental para procesos de evaluación de la conformidad y posterior certificación de productos. Los empresarios que cumplan con la NT logran posicionamiento en los mercados con productos de alta credibilidad, porque estos muestran su compromiso con la seguridad y calidad.

¿Cual es la importancia de la normalización?

La normalización facilita la planificación de la producción, racionaliza los procesos y las operaciones, promueve calidad con economía, facilita el intercambio comercial, y genera confianza en los productos de consumo masivo. Por otra parte es un factor imprescindible para desarrollar una política seria de 'calidad, y es una condición básica para mejorar la productividad, la competitividad en los mercados y la capacidad de intercambio comercial con otros países.

El rol del IBNORCA en normalización y elaboración de normas técnicas en Bolivia

El Instituto Boliviano de Normalización y Calidad - IBNORCA es una entidad privada sin fines de lucro y de ámbito nacional creada mediante

Decreto Supremo No. 23489 del 29 de abril de 1993, tiene responsabilidad legal en el campo de la normalización técnica de carácter voluntario, mecanismo que sirve como instrumento para la elaboración de Reglamentación Técnica para la protección en materia de: seguridad y de protección a la vida y la salud humana, animal y vegetal, la protección del medio ambiente y la prevención de prácticas que puedan inducir error al ser consumido o afectar la seguridad nacional.

Proceso de normalización

Toda persona o institución que requiera iniciar un proceso normativo (elaboración, armonización y/o adopción), puede solicitar este servicio como iniciativa de un conjunto de instituciones a la dirección de normalización del IBNORCA. El procedimiento que se sigue puede verse en el diagrama de flujo (Figura 1).

La NT se diferencia por su lugar de aplicación, teniendo normas nacionales (como las aprobadas por el IBNORCA), regionales (aprobadas por la Comunidad Andina de Naciones), normas sectoriales (ASTM, NFPA) e internacionales (ISO, CODEX, IEC).

Normas Bolivianas (NB) para granos andinos

El trabajo de elaboración de normas bolivianas para granos andinos (cañahua y amaranto o kiwicha) se inicio en el 2003 y fue encomendada al Comité Técnico de Normalización CTN 3.36 "Alimentos en Grano". La solicitud para la norma de cañahua fue realizada por un conjunto de actores en el marco del proyecto IFAD-NUS, y al término de la misma se inició con la norma para amaranto (Rojas y Alcocer 2002).

En tanto la revisión de las normas bolivianas para quinua estuvo a cargo del CTN 3.12 "Cereales", normas que han sido revisadas y elaboradas en el marco del Programa NOREXPORT Bolivia (2008) (Acceso a Mercados e Integración Regional Andina a través de la Normalización Andina). En este marco se cuentan con tres normas para quinua que han sido adoptadas dentro de los Comités de Normalización Andina (CAN), instancia donde participan los institutos de normalización de Ecuador (INEN), Perú (INDECOPI), Colombia (ICONTEC) y Bolivia (IBNORCA).

Producto del trabajo realizado hasta el 2008 en Bolivia se generaron ocho normas técnicas para granos andinos relacionadas a definiciones y clasificación y requisitos (Cuadro 1), las mismas pueden ser solicitadas en la Normateca del IBNORCA o consultar en www.ibnorca.org.

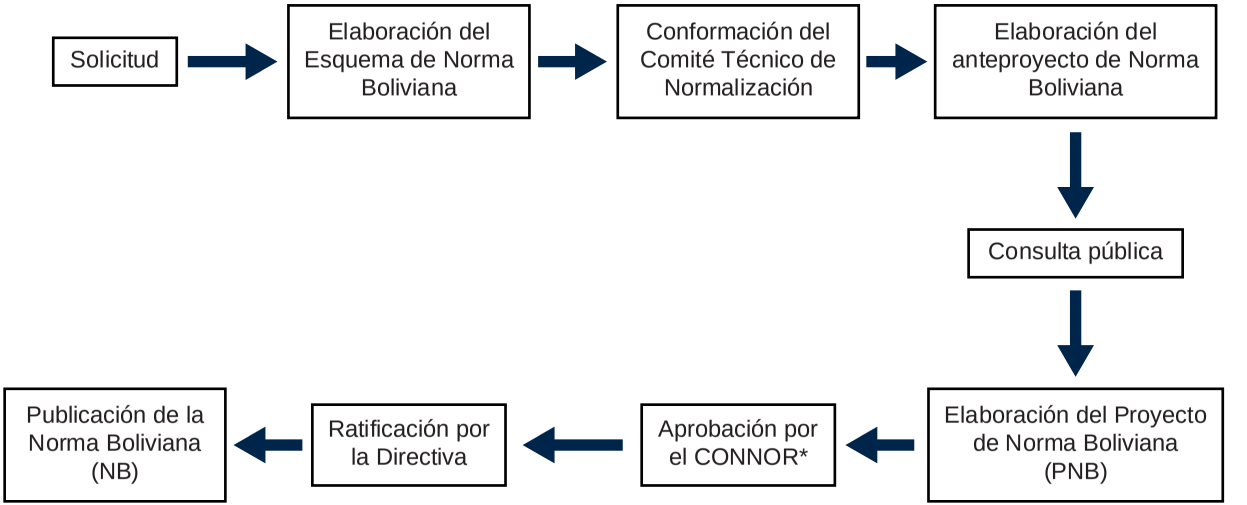
En el Anexo A se muestra una relación de personas que participaron en la elaboración y revisión de diferentes Normas Técnicas para granos andinos.

Cuadro 1. Relación de Normas Bolivianas aprobadas - sector granos andinos.

Comité Técnico	Norma	Código	Título
Alimentos en grano	NB	336001	Cañahua-Cañahua en grano-Definiciones
Alimentos en grano	NB	336002	Cañahua-Cañahua en grano-Clasificación y requisitos
Alimentos en grano	NB	336003	Amaranto-Definiciones
Alimentos en grano	NB	336004	Amaranto-Clasificación y requisitos
Cereales	NB / NA	0032:2007	Granos andinos-Pseudo cereales-Quinua en grano-Definiciones
Cereales	NB / NA	0038:2007	Granos andinos-Pseudo cereales-Quinua en grano-Clasificación y requisitos
Cereales	NB / NA	0039:2007	Granos andinos-Pseudo cereales-Hojuelas de Quinua -Requisitos
Cereales	NB	312041:2007	Granos andinos-Pseudo cereales-Harina de Quinua Requisitos

Asimismo, se cuenta con otras Normas Bolivianas (NB) para Cereales-Quinua en grano referidos a la determinación de humedad, fibra cruda, contenido de materia grasa, proteínas totales, cenizas, hidratos de carbono, valor energético, residuos de pesticidas organoclorados y organofosforados, residuos de pesticidas ditiocarbamatos, contenido de fósforo, entre otros.

En la actualidad el CTN 3.12 tiene programado trabajar normas para productos transformados de granos andinos como los expandidos (pipocas) y la relacionada con el método de ensayo para determinación de saponinas.



* CONNOR: Consejo Rector de Normalización

Figura 1. Diagrama de flujo para el proceso de elaboración de una Norma Técnica (IBNORCA).

Marco normativo de la producción y certificación ecológica

Las Normas Técnicas son descripciones y guías técnicas para la caracterización e identificación ya sea de productos, servicios o procesos en su profundidad requerida, con base en lineamientos formales (normas o reglas) reconocidas y aceptadas por individuos o empresas, cuya violación amerita una penalidad sujeta a un marco nacional o internacional. Estas normas sirven para homogeneizar los productos o servicios y los hacen comparables entre ámbitos diferentes y para el intercambio de los mismos (entre países, mercados, sistemas de acreditación, etc.).

Las normas ecológicas constituyen una base comparable para la comercialización ecológica en diferentes ámbitos, donde su cumplimiento es 'obligatorio'.

Normas internacionales para la producción ecológica

Las normas internacionales para la producción ecológica, fueron elaboradas para reglamentar toda la cadena productiva ecológica, o sea, desde la habilitación de las parcelas, su cultivo, beneficiado, transformación hasta su comercialización. Se elaboraron debido al acelerado incremento de consumidores demandantes de productos ecológicos, para prevenir y evitar fraudes o alteraciones y garantizar la calidad ecológica de los productos para los consumidores, quienes incluso llegan a pagar precios mucho más altos y diferenciados, en comparación con los productos convencionales.

El objetivo de las normas ecológicas es la protección de los consumidores y no tanto así la promoción de los sistemas de producción ecológica a pequeños productores. Por tal razón se considerada que la norma es muy exigente, ya que se verifica mediante la certificación por una tercera persona que debe ser una certificadora acreditada ante las autoridades pertinentes donde se desea comercializar el producto. Después de un proceso de inspección *in situ* de las unidades de producción, la certificadora acreditada emite el correspondiente certificado que avala la calidad del producto como ecológico.

Norma básica internacional de la IFOAM para la producción y procesamiento ecológico

La IFOAM (Federación Internacional del Movimiento de Agricultura Ecológica), es un movimiento a nivel mundial que lidera y promociona la agricultura ecológica, y de la cual forman parte diferentes organizaciones ambientalistas, ecologistas, productores, ONGs, transformadores, consumidores y personas individuales. La IFOAM se constituye en una plataforma de intercambio y cooperación internacional, promoviendo el desarrollo holístico de los sistemas agrarios ecológicos, que incluye la conservación del medio ambiente y el respeto a las necesidades de la humanidad.

Una de las principales actividades de este movimiento es la elaboración y actualización de las normas básicas para la producción y procesamiento ecológico, que se caracteriza por:

- Contener el marco para homogeneizar criterios sobre la agricultura ecológica.
- Contener la norma matriz para el desarrollo de la producción ecológica en todo el mundo.
- Contener criterios sociales dentro de los sistemas de producción (estándares y derechos sociales).
- Hace referencia a toda la cadena productiva (agropecuaria)
- Establecer requisitos y criterios para la acreditación de certificadoras mediante el programa de la IOAS (International Organic Accreditation Service).

Reglamento (CEE) No. 2092/91 para los países miembros de la Comunidad Económica Europea

Este reglamento (norma) es de cumplimiento obligatorio en todos los países miembros de la Comunidad Económica Europea (CEE), la misma que reglamenta la producción, transformación y comercialización de productos provenientes de sistemas de producción ecológica. Menciona reglamentos específicos para la importación de productos de otros países (No miembros de la CEE), para su libre importación, circulación y comercialización como productos ecológicos, y hace referencia tanto a productos agrícolas como pecuarios. Además, incluye el marco legal para su etiquetado.

Este reglamento fue elaborado y aprobado en 1991 como respuesta a las siguientes necesidades:

- Existe una demanda creciente.
- Necesidad de establecer equilibrio entre oferta y demanda.
- Presencia indiscriminada de productos pseudo-ecológicos, transparencia y control normado en todas las fases de la producción hasta la comercialización.
- Protección del medio ambiente.
- Falta de definición estricta para la agricultura ecológica.

Acta de California para la producción de alimentos orgánicos, EE.UU. (Organic Food Production Act of California of 1990)

Esta norma reglamenta toda la cadena productiva de productos ecológicos dentro de los Estados Unidos de Norte América, mediante el Acta de California que incluye tanto el rubro agrícola como el pecuario. Con base en esta Acta, se desarrolló el Programa Orgánico Nacional (NOP), bajo la dirección del Servicio de Agricultura y Mercadeo (AMS), y desarrollado por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA).

Así, productos importados o exportados a EE.UU. y agencias de certificación deberán acreditarse y certificarse bajo las regulaciones del NOP / USDA para cumplir con sus regulaciones establecidas.

Norma estándar para la agricultura japonesa (JAS)

El JAS es una Norma a nivel Nacional para el Japón, regulada por el Ministerio de Agricultura, Silvicultura y Pesca (MAFF), cuyo alcance es para productos agrícolas orgánicos que se comercializan en Japón. La diferencia de esta norma con otras es la exigencia de la necesidad de tener establecido un plan de manejo "grading system plan" antes de la primera inspección.

Otras normas internacionales de producción ecológica

Existen también otras normas por lo general privadas como DEMETER (Internacional), NATURLAND (Europa-Alemania), OCIA (Estados Unidos), ECOCERT (Francia), BioSuisse (Suiza), y Soil Association (Inglaterra), entre otras, que tienen aplicación en diferentes ámbitos (estados, regiones, organizaciones miembros, certificadoras, etc.).

Normas Nacionales para la producción ecológica

Norma-AOPEB, Asociación de Organizaciones de Productores Ecológicos de Bolivia

Norma Básica para la Producción Ecológica en Bolivia que regula la producción y recolección agrícola y pecuaria, procesamiento, etiquetado y comercialización de productos ecológicos. Tiene equivalencia a las Normas Internacionales como la 2092 / 91 y la IFOAM, tomando como base los sistemas de producción tradicional de los pequeños productores y adaptada a la realidad boliviana. Contiene normas específicas para el cultivo de la quinua y otros.

La norma AOPEB está reconocida por la IFOAM, por lo cual demanda que sea revisada periódicamente por el Departamento Técnico y el Comité Técnico de Normas de AOPEB, para adecuar los cambios y nuevas exigencias que se desarrollan en las normas internacionales.

Marco Normativo para la Producción Ecológica en Bolivia NB 907

En enero del 2000, instituciones gubernamentales y no gubernamentales (IBNORCA, MAGDER, certificadoras, universidades, AOPEB, entre otras) basadas en la Norma AOPEB, aprueban bajo Resolución Ministerial 005 / 2000 del entonces Ministerio de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural (MAGDER), el Marco Normativo para la Producción Ecológica en Bolivia, el cual también es homologado por el Instituto Boliviano de Normalización y Calidad (IBNORCA) bajo la Norma NB 907.

Normas y reglamentos internos

Cada asociación o grupo de productores pueden definir sus propias normas internas o específicas para la producción agropecuaria en base y asesoramiento a la Norma AOPEB y las normas internacionales. Estas normas son de cumplimiento obligatorio para todos los productores inscritos dentro del programa de certificación, deben ser comprensibles en función del nivel de formación promedio de los productores, y debe tomar en cuenta el nivel de lectoescritura e idioma de los productores.

El objetivo de la norma es dar a conocer a los productores con exactitud los lineamientos y requerimientos mínimos para ser reconocidos como productores ecológicos y acceder a la certificación. El contenido básico que debe tener la norma o reglamento interno es:

- Campo de aplicación: dentro de la estructura de la organización de producción, acopio, pre-beneficiado, beneficiado, industrialización, y comercialización.
- Abarca a toda la unidad de producción: finca, granja - incluye el cultivo principal y otros cultivos secundarios de autoabastecimiento y la crianza de animales-, que en forma paulatina deben convertirse a la producción ecológica basándose en planes de trabajo elaborados por el productor y el Sistema de Control Interno (SCI).
- Definir claramente las exigencias y obligaciones: tanto para los productores, los manipuladores, la organización, y actores que tengan contacto directo.
- Determinar tipos y niveles de faltas y sanciones: por el incumplimiento parcial o total de las normas y reglamentos, además de poseer un sistema de apelación.

Bibliografía

NOREXPORT Bolivia. 2008. Normas técnicas y guías de implementación del sector quinua. Compendio. La Paz, Bolivia.

Rojas W, Alcocer E. 2002. Plan estratégico para solicitar al *Codex Alimentarius* la sede de los cultivos de amaranto, cañahua y quinua en Bolivia. En: Informe Técnico Anual 2001-2002. Componente Bolivia. Fundación PROINPA. Proyecto Especies Olvidadas y Subutilizadas IPGRI-IFAD. La Paz, Bolivia. pp. 161-162.

Anexo A. Relación de personas que participaron en la elaboración y revisión de Normas Técnicas.

Nombre del Representante	Cargo en el CT	Participó en la norma			Institución
		Cañahua	Amaranto	Quinua	
José Luis Soto	1	X	X	X	Fundación PROINPA
Wilfredo Rojas	2	X			Fundación PROINPA
Leonor Mejía	2	X	X	X	INLASA-Nutrición
Marcela Melgarejo	2	X	X	X	IIQ - UMSA
Elsa Alcocer	2	X	X	X	LA Y SAA srl
Lorena Nina	2		X	X	Industrias IRUPANA
Sandra Callisaya	2	X			Industrias IRUPANA
Wilibaldo Montero	2	X			La Chapaquita
Mario Gutiérrez	2	X			SEDAG
Víctor Pacosillo	2	X		X	Cereales Andina
Félix Mamani	2	X		X	Fac. Agronomía-UMSA
Roberto Parra	2	X			Ferrari Ghezzi Ltda.
Apolinar Contreras	2			X	JATARIY
Yrma Acuña	2			X	Biolab
Carmen Castañares	2			X	Biolatina
Juan Pablo Seleme	2			X	Quinua Foods
María Cahuana	2			X	CECAOT
Eduardo Ramos	2			X	SAITE
Remigio García	2			X	ANAPQUI
Ricardo Calderón	2			X	SIMSA-Princesa
Edgar Pinilla	2		X	X	AOPEB
Beatriz Gutiérrez	3	X			IBNORCA
Carola Ceballos	3		X		IBNORCA
Rodrigo Jemio	3			X	IBNORCA
Claudia Kuramotto	3			X	IBNORCA

1 Coordinador; 2 Delegado; 3 Secretaría técnica

XIV. Directorio de instituciones y especialistas que trabajan y promueven los granos andinos

En el presente capitulo se presenta una lista donde se muestra un directorio de instituciones y profesionales dedicados a la investigación y/o fomento de los granos andinos en el altiplano boliviano, y finalmente una relación de empresas exportadoras.

En el presente capitulo se presenta una lista donde se muestra un directorio de instituciones y especialistas que trabajan en investigación, promoción y fomento de los granos andinos en Bolivia, y finalmente una relación de empresas exportadoras.

a) Instituciones de Investigación, promoción y fomento

Institución	Sitio Web
Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal - INIAF	www.iniaf.gov.bo
Fundación para la Promoción e Investigación de Productos Andinos - PROINPA	www.proinpa.org
Fundación Apoyo a la Universidades de Tarija y Potosí - FAUTAPO	www.fautapo.org
Fundación Patiño, Centro de Investigaciones Fitoecogenéticas de Pairumani	www.fundacionpatino.org
IRD-Proyecto EQUECO (Emergencia de la quinua en el comercio mundial), Programa interdisciplinario sobre la sostenibilidad de quinua en el Altiplano Sur de Bolivia.	www.bo.ird.fr
Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles - CPTS	www.cpts.org
Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés - UMSA	www.umsa.bo/fa/app
Facultad de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y Veterinarias de la Universidad Técnica de Oruro	www.fcapv.utonet.edu.bo

Continuación...

Institución	Sitio Web
Cámara de Departamental de Productores de Quinua de Oruro - CADEPQUIOR	www.cadepquior.org.bo
Cámara de Departamental de Productores de Quinua de Potosí - CADEQUIR	(591)-2-693-2115
Programa Quinua Oruro - PROQUIOR	(591)-2-525-6330
Servicio Departamental Agropecuario de Potosí - SEDAG Potosí	(591)-2-6227268
Proyecto QUINAGUA, Cooperación del Consejo Inter-universitario Flamenco - Bélgica, VLIR-KULeuven-AgroUMSA	Magalygc1@yahoo.es
AGRECOL	www.agrecolandes.org
Estrategia Internacional para el Desarrollo - SID	www.sidworld.org

b) Profesionales y Técnicos

Nombre y apellidos	Institución	Correo electrónico
Gabriela Liendo	Viceministerio de Ciencia y Tecnología	gabriela_liendo@yahoo.es
Jorge Guzman	INIAF	jguzmancalla@gmail.com
Máximo Flores	INIAF	malifloma33@hotmail.com
Carolina Alanoca	INIAF	Karol_aqc@hotmail.com
Armando Mamani	INIAF	armandomamani.amm@gmail.com
Jaime Cossio	INIAF	j.cossio300@hotmail.com
David Soraide	FAUTAPO	david.soraide@fundacionautapo.org
Willy Choque	FAUTAPO	willy.choque@fundacionautapo.org
Jose Luis Pozo	FAUTAPO	winay_@hotmail.com
Alejandro Bonifacio	PROINPA	a.bonifacio@proinpa.org
Amalia Vargas	PROINPA	a.vargas@proinpa.org
Wilfredo Rojas	PROINPA	w.rojas@proinpa.org
Milton Pinto	PROINPA	m.pinto@proinpa.org
Raúl Saravia	PROINPA	r.saravia@proinpa.org
Genaro Aroni	PROINPA	prouyuni@hotmail.com
Reinaldo Quispe	PROINPA	r.quispe@proinpa.org
Eliseo Mamani	PROINPA	e.mamani@proinpa.org

Continuación...

Nombre y apellidos	Institución	E-mail
Vania Alarcón	PROINPA	v.alarcon@proinpa.org
Alfredo Veizaga	PROINPA	a.veizaga@proinpa.org
Hermeregildo Equise	PROINPA	h.equise@proinpa.org
Oscar Navia	PROINPA	o.navia@proinpa.org
Félix Mamani	Facultad de Agronomía - UMSA	prograno@yahoo.com
Magali García	Facultad de Agronomía - UMSA	magalygc1@yahoo.es
Cristal Taboada	Facultad de Agronomía - UMSA	crystal_taboada@yahoo.es
Jorge Cusicanqui	Facultad de Agronomía - UMSA	acusican@gmail.com
José Luis Marconi	Facultad de Agronomía - UMSA	marconijl@hotmail.com
Ermindo Barrientos	FCAPyV - UTO	ebarrientos@coteor.net.bo
Eusebio Calle	FCAPyV - UTO	
Ruth Espinoza	FCAPyV - UTO	egruth@hotmail.com
Thierry Winkel	IDR	thierry.winkel@ird.fr
Cesin Curi	CPTS	cesin.curi@cpts.org
Wilfredo Marin	Fundación SUYANA	Wpmp74@gmail.com
Beatriz Gutierrez	IBNORCA	beatriz.gutierrez@ibnorca.org
Claudia Kuramotto	IBNORCA	claudia.kuramotto@ibnorca.org
Edwin Serrano	ITA	edwinlsq@hotmail.com
Elsa Alcocer	LAYSAA	elaysaa@yahoo.es
Pedro Rocha	4 Arroyos	cuatroarroyos@hotmail.com
Martín Soria	ANFE	martisova65@yahoo.com
Hugo Aliaga	Sobre la Roca	sobrelarocabolivia@gmail.com
Víctor Pacosillo	Cereales Andina	cerealesandinasrl@hotmail.com
José Luis Soto	Consultor	josesoto1@yahoo.com
Félix Marza	Consultor	femarza@hotmail.com
Juan Carlos Aroni	Consultor	juancarlosaroni@latinmail.com
Gualberto Espindola	Consultor	espindola1000@hotmail.com
María R. Cayoja	Consultor	mariacayoja@yahoo.es
Pablo Laguna	Consultor	pablo.laguna@wur.nl
Fernando Crespo	Consultor	agrodata@entelnet.bo

c) Empresas Exportadoras de Granos Andinos

Empresa	Sitio Web
Asociación Nacional de Productores de Quinua - ANAPQUI	www.anapqui.org
Central de Cooperativas Agropecuarias Operación Tierra - CECAOT	www.quinua.com.bo
Asociación de Productores de Quinua Salinas - APQUISA	www.quinuareal.com
Cámara Boliviana de Exportadores de Quinua Orgánica - CABOLQUI	www.cabolqui.org
IRUPANA Andean Organic Food SA - IAOFSA	www.irupana.com
QUINOABOL S.R.L.	www.quinoabol.com
QUINOA FOODS COMPANY S.A.	www.quinoafoods.com
Consorcio Comercial Imperio de los Lipez	www.delipez.com
Productos Andinos Bolivia - PROANBOL S.R.L.	www.realquinua.com
Sociedad Agropecuaria Industrial y Técnica S.R.L. - SAITE	www.quinuasaite.com.bo
Andean Foods Enterprise - ANFE	www.anfebiofoods.com
Andean Valley	www.andeanvalley.com
CORONILLA Pastas y Snacks	www.coronilla.com
Sociedad Industrial Molinera S.A. - SIMSA	www.princesa.como.bo
LATCO INTERNATIONAL	www.latcointernational.com
JATARIY S.R.L.	pierre.frachon@gmail.com
Real Andina - Uyuni	realandin@hotmail.com
QUINBOLSUR - Salinas	Wbarco_perez@hotmail.com