

Conservación y manejo de recursos genéticos para la seguridad y soberanía alimentaria en Bolivia



Son patrimonio natural las especies nativas de origen animal y vegetal

"El estado protegerá todos los recursos genéticos y microorganismos que se encuentren en los ecosistemas del territorio, así como los conocimientos asociados con su uso y aprovechamiento"

**(Capítulo séptimo, art. 381 de la
Constitución Política del Estado Plurinacional de Bolivia)**

"El INIAF, es la instancia encargada de garantizar la conservación y administración in situ o en el lugar de origen y ex situ o fuera del lugar de origen de los recursos genéticos de la agrobiodiversidad, parientes silvestres y microorganismos de las diferentes eco regiones del país, con la finalidad de evitar la erosión genética y asegurar su disponibilidad como fuente de variabilidad genética y primer eslabón de la producción agropecuaria"

**(Capítulo primero art. 13 de la Ley 144.
Revolución productiva comunitaria agropecuaria. Bolivia)**





Estado Plurinacional de Bolivia



ESTADO PLURINACIONAL DE BOLIVIA
MINISTERIO DE DESARROLLO RURAL Y TIERRAS
INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN AGROPECUARIA Y FORESTAL

**CONSERVACIÓN Y MANEJO DE RECURSOS
GENÉTICOS PARA LA SEGURIDAD Y SOBERANÍA
ALIMENTARIA EN BOLIVIA**

La Paz - Bolivia

2013



Evo Morales Ayma

PRESIDENTE DEL ESTADO PLURINACIONAL DE BOLIVIA

Nemesia Achacollo Tola

MINISTRA DE DESARROLLO RURAL Y TIERRAS

Víctor Hugo Vásquez Mamani

VICEMINISTRO DE DESARROLLO RURAL AGROPECUARIO

Gabriel René Hoyos Bonillas

DIRECTOR GENERAL EJECUTIVO - INIAF

Luis Weimar Acosta Arce

DIRECTOR NACIONAL DE INVESTIGACION E INNOVACION-INIAF

Teléfonos y Fax 591-2-2441153/2-2441608/2-2113629

www.INIAF.gob.bo - contacto@INIAF.gob.bo

Casilla Postal 4793

Calle Batallón Colorado Nro. 24

Edificio El Cóndor – Piso 16

La Paz – Bolivia



COMITÉ CIENTÍFICO REVISOR DEL INIAF

Dr. Luis Acosta Arce, Ph.D.

Ing. Alvaro Otondo Maldonado.

Dr. Sergio Moreira Ascarrunz, Ph.D.

Dra. Carmen Cabrera Montecinos

PROFESIONALES EN CONSERVACIÓN DE LOS RECURSOS GENÉTICOS DE LA AGROBIODIVERSIDAD, INIAF

Personal INIAF – Dirección Nacional de Investigación

Lic. Gabriel René Hoyos Bonillas	Dr. Luis Acosta Arce
Director General Ejecutivo	Director Nacional de Investigación
Ing. Alvaro Otondo Maldonado	Dra. Carmen Cabrera Montecinos
Responsable Unidad de Recursos Genéticos	Especialista en Recursos Genéticos
Dr. Sergio Moreira Ascarrunz	Ing. José Campero Maraño
Profesional en Recursos Genéticos - Biotecnología	Profesional en Recursos Genéticos — Políticas
Ing. Yuri Zurita	Ing. Mirco Peñaranda Morante
Responsable Unidad de Investigación	Especialista en Investigación
Ing. Beatriz Vino Nina	Ing. Jorge Guzmán Calla
Profesional en Investigación	Profesional en Investigación

Personal INIAF – Unidad de Recursos Genéticos

Ing. Elsa Torrico	Ing. Edwin Iquize V.
Encargada E.E. Toralapa	Profesional en Sistematización y Manejo de Datos Recursos Genéticos
Ing. Carolina Alanoca Q.	Ing. Armando Mamani M.
Profesional en Conservación <i>Ex Situ</i> RRGG Granos Altoandinos	Profesional en Conservación <i>In Situ</i> RRGG Granos Altoandinos
Ing. Enrique Patzi Q.	Ing. Roger Rioja B.
Profesional en conservación <i>Ex Situ</i> de RRGG Cereales y Leguminosas	Profesional en Conservación <i>In Situ</i> de RRGG Cereales y Leguminosas
Ing. Carol Rocabado E	Ing. Edson Foronda G.
Profesional en Conservación <i>Ex Situ</i> de RRGG de Tubérculos y Raíces	Técnico en Conservación <i>In Situ</i> de Tubérculos y Raíces Andinas
Ing. Ariel Antelo	Ing. Víctor García
Técnico en Conservación <i>Ex Situ</i> de RRGG Forestales	Profesional en Conservación <i>In Situ</i> de RRGG Forestales
Ing. Johnny Portugal	Ing. Ana María Flores
Profesional en Conservación <i>Ex Situ</i> de RRGG Frutales	Profesional en Conservación <i>Ex Situ</i> de RRGG Hortalizas
Ing. Genaro Condori	Jose Luis Quispe Huanca
Profesional en Conservación <i>In Situ</i> de RRGG de Pastos	Profesional en Conservación <i>In Situ</i> de RRGG Camélidos Sudamericanos
Ing. Rosario Elena Lucero	Ing. Lisett Vaca Loayza
Técnico en Conservación y Producción <i>In Vitro</i> de RRGG	Técnico en Conservación <i>In Vitro</i>

COMITÉ EDITOR

Dr. Luis Acosta Arce Ph.D.

Ing. Alvaro Otondo Maldonado.

Dr. Sergio Moreira Ascarrunz, Ph.D.

Dra. Carmen Cabrera Montecinos

PRIMERA IMPRESIÓN 1000 EJEMPLARES

Diseño: Samuel Suntura

ISSN 2308-250X

Depósito legal: 4-3-16-13 P.O.

Key title: Info INIAF

© Copyright: 2013

REVISTA CIENTÍFICA DE INVESTIGACIÓN INFO-INIAF “CONSERVACIÓN Y MANEJO DE RECURSOS GENÉTICOS PARA LA SEGURIDAD Y SOBERANÍA ALIMENTARIA EN BOLIVIA” NUMERO 1, VOLUMEN 1.
--

Los editores han sido cuidadosos de reproducir los artículos publicados en esta revista. Pero las ideas y opiniones de los artículos son de entera responsabilidad de los autores. Se permite la reproducción total o parcial por cualquier medio de los artículos de la presente Revista, con la debida autorización y cite de la fuente respectiva, se agradecerá el envío de un ejemplar.

DIRECCIÓN OFICINA CENTRAL: Calle Batallón Colorados No. Piso 16. Edificio El Cóndor. La Paz-Bolivia

ESTACIÓN EXPERIMENTAL DE TORALAPA: Km 71, Carretera antigua Cochabamba – Santa Cruz. Municipio de Tiraque, Comunidad Cebada Jichana, Cochabamba-Bolivia

Esta publicación cuenta con el apoyo del Banco Mundial en Bolivia, DANIDA, COSUDE

PRESENTACIÓN

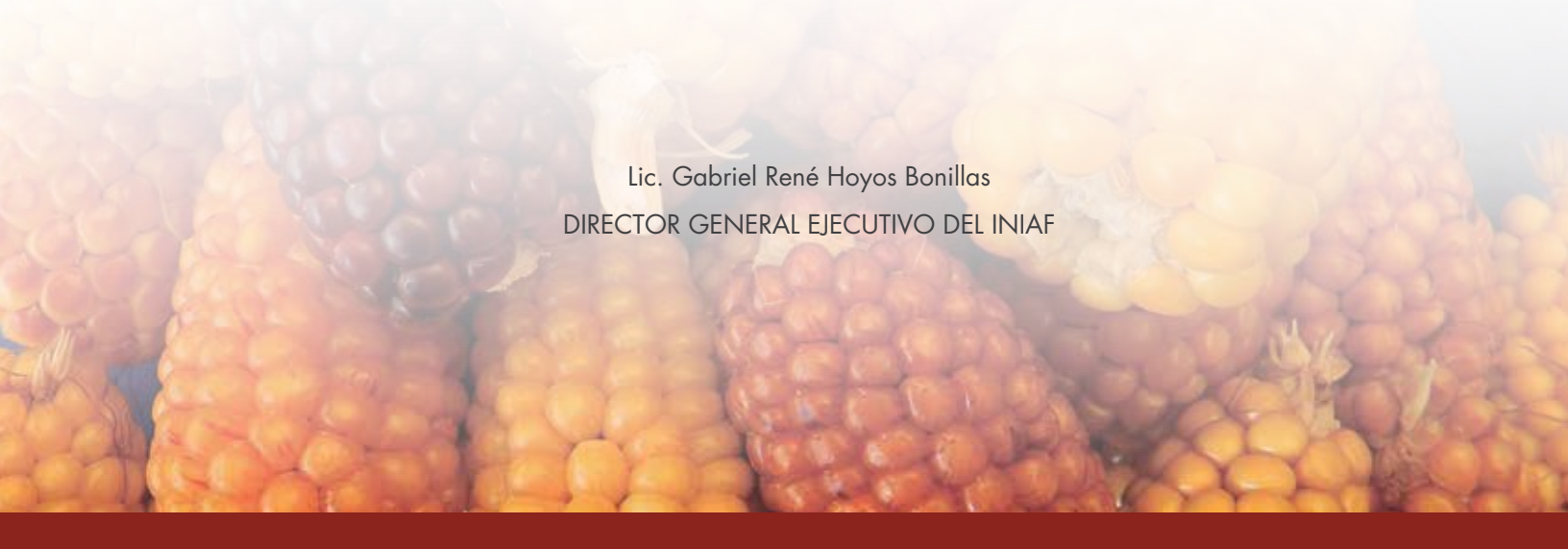
Bolivia es uno de los países con mayor agrobiodiversidad y posee una amplia riqueza en especies vegetales y animales; incluyendo a aquellas de alto valor económico y social como la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), maní (*Arachis hypogaea* L.), yuca (*Manihot esculenta* Crantz.), ají (*Capsicum* spp.), yacón (*Smallanthus sonchifolius* Poepp. & Endl. H. Robinson) ajipa (*Pachyrhizus ahipa* Wedd.), papa (*Solanum tuberosum* ssp. *andigenum* (Juz. & Bukasov) Hawkes; y *Solanum tuberosum* subsp. *tuberosum* L.), cacao (*Theobroma cacao* L.), y parientes silvestres. Asimismo, especies animales como el cuye (*Cavia porcellus* Erxleben), llama (*Lama glama* Linnaeus, 1758), alpaca (*Vicugna pacos* Linnaeus, 1758), bovinos criollos, entre otras.

La administración, conservación, uso y manejo de este patrimonio genético de la agrobiodiversidad, representa un desafío para Bolivia. Esto permitirá aprovechar las ventajas competitivas de la biodiversidad en beneficio de la población boliviana, particularmente de las comunidades que son custodias ancestrales de la biodiversidad.

El Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal - INIAF fue creado mediante Decreto Supremo N° 29611, bajo tuición del Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras – MDRyT. La Ley N° 144 “Ley de Revolución Productiva Comunitaria Agropecuaria” en su artículo 13. (POLÍTICA DE FORTALECIMIENTO DE LA BASE PRODUCTIVA) inciso 4. (Recursos Genéticos) señala al INIAF como la “instancia encargada de garantizar la conservación y administración *in situ* o en el lugar de origen y *ex situ* o fuera del lugar de origen de los recursos genéticos de la agrobiodiversidad, parientes silvestres y microorganismos de las diferentes eco regiones del país, con la finalidad de evitar la erosión genética y asegurar su disponibilidad como fuente de variabilidad genética y primer eslabón de la producción agropecuaria”.

Actualmente el INIAF, administra de manera efectiva los recursos genéticos de la agrobiodiversidad desde el Centro Nacional de Conservación de los Recursos Genéticos de Bolivia, ubicado en la Estación Experimental de Toralapa, Cochabamba. El germoplasma que se resguarda constituye una herencia valiosa que debe conservarse para proveer de materia prima para el mejoramiento de los cultivos, opciones de desarrollo a la agricultura en el futuro en un mundo que afronta el cambio climático, la lucha contra el hambre y la pobreza; y otros desafíos.

La *Revista Científica de Investigación Info-INIAF* hace un esfuerzo por difundir y socializar el conocimiento científico, producto de un denodado trabajo de investigadores y profesionales del ámbito de la conservación, uso y manejo de los recursos genéticos de la agrobiodiversidad, como también la innovación agropecuaria y forestal del país. Este segundo número, reúne un conjunto de artículos científicos referidos a la conservación de recursos genéticos de la Agrobiodiversidad, los cuales estamos seguros contribuirán al objetivo de “Asegurar la conservación y disponibilidad de los recursos genéticos de la agrobiodiversidad, en las diferentes eco-regiones, como base para el mejoramiento y la alimentación de las futuras generaciones como fuente de variabilidad genética y contrarrestar la erosión genética”.



Lic. Gabriel René Hoyos Bonillas
DIRECTOR GENERAL EJECUTIVO DEL INIAF

CONTENIDO

Caracterización varietal de ecotipos de Quinua Real (<i>Chenopodium quinoa Willd.</i>) para el Registro Nacional de Variedades.	15
Carolina Alanoca; Amalia López; Abrahan Flores.	
Evaluación de la germinación de accesiones del Banco de Germoplasma de Quinua (<i>Chenopodium quinoa Willd.</i>) del Estado Plurinacional de Bolivia.	23
Carolina Alanoca; Delma Guzman; Soledad Lutino; Edwin Iquize.	
Producción de Semilla Prebásica de cinco variedades nativas de papa provenientes del Banco de Tubérculos y Raíces Andinas.	29
Carol Rocabado; Luis Mercado; Edwin Iquize.	
Plan de implementación del sistema de manejo de información de los Recursos Genéticos administrados por el INIAF-Bolivia.	37
Edwin Iquize.	
Conservación de poblaciones nativas de cuyes.	49
Elizabeth Rico; Claudia Rivas.	
Evaluación preliminar de soportabilidad y diversidad de praderas nativas de la comunidad de Challacollo, Llica Potosí.	57
Genaro Condori, José Luis Quispe.	
Caracterización de llamas conservadas en condición <i>in situ</i> en la comunidad de Challacollo, región intersalar de Uyuni, Potosí-Bolivia.	67
José Luis Quispe, Genaro Condori.	
Propagación in vitro de <i>Corryocactus pulquinensis</i> Cárdenas, <i>Cleistocactus candelilla</i> Cárdenas y <i>Echinopsis huottii</i> (F. Cels) Labour. subsp. huottii.	77
Limber Guevara; Giorjan Arnulfo Arancibia y Edil Osinaga.	
Composición, estructura y factores asociados a la abundancia de regeneración natural del bosque de neblina al Noroeste de Independencia-Ayopaya.	81
Grover Lisperguer; Fimo Alemán; Ariel Ayma; Edwards Sanzetenea; Víctor García.	





Caracterización varietal de ecotipos de Quinoa Real (*Chenopodium quinoa* Willd.) para el Registro Nacional de Variedades

Carolina Alanoca Quispe^{1*}, Amalia López Tola¹, Abrahan Flores¹

¹Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal, Av. Blanco Galindo Km 5.5, Casilla 832, Cochabamba, Bolivia

*Autor para correspondencia: carol_aqc@hotmail.com

Resumen

En el presente trabajo se realizó la caracterización de 9 ecotipos de Quinoa Real de importancia económica para los productores del municipio de Salinas de Garci Mendoza del departamento de Oruro. El propósito de dicha caracterización fue el de iniciar la inscripción de los mencionados ecotipos como variedades de Quinoa Real en el Registro Nacional de Variedades para que posteriormente puedan ser sometidos al proceso de certificación de semillas. Las evaluaciones se realizaron en la campaña agrícola 2012-2013 tomando en cuenta 10 plantas por ecotipo. La descripción varietal se realizó con el descriptor de variedades de quinoa (Formulario RE-02) del Registro Nacional de Semillas utilizado por el Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF) y con los descriptores para quinoa publicados por Bioversity International. El análisis estadístico al que se sometió la matriz básica de datos fue de estadística descriptiva y de análisis multivariado (Análisis de Componentes Principales y Análisis de Agrupamiento Jerárquico mediante el método de Ward y la distancia euclídea cuadrada). El análisis preliminar permitió *observar* la relación de las variables y el agrupamiento de los ecotipos de Quinoa Real, según las variables cuantitativas con mayor correlación con el primer componente principal ($\lambda_1=57.32\%$) y con el segundo componente principal ($\lambda_2=15.2\%$). Por otra parte el análisis de agrupamiento permitió agrupar a los ecotipos en tres grupos.

Palabras clave: Recursos genéticos, Quinoa Real, caracterización, ecotipo.

Abstract

In the present study, the characterization of 9 Royal Quinoa landraces of economic importance for the producer of the municipality of Salinas de Garci Mendoza in the Department of Oruro was performed. The purpose of the characterization was to initiate the register of the landraces as Royal Quinoa cultivars in the National Cultivar Registry so that they can be subjected to the process of seed certification. The evaluations were performed in the campaign 2012-2013, considering 10 plants per landrace. The varietal description was performed with quinoa varieties descriptor (Form RE-02) of the National Seed Registry used by the Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF) and with descriptors for quinoa published by Bioversity International. The statistical analysis to which the basic data matrix was subjected to was descriptive statistics and multivariate analysis (Component Principal Analysis and Hierarchical Cluster Analysis with the Ward method and the squared Euclidean distance). The preliminary analysis allowed observing the relationships among variables and the grouping of the landraces of Royal Quinoa, according to the quantitative variables more correlated with the first principal component ($\lambda_1=57.32\%$) and with the second principal component ($\lambda_2=15.2\%$). Moreover, the cluster analysis allowed grouping the landraces in three groups.

Keywords: Genetic resources, Royal Quinoa, characterization, landrace



Introducción

En Bolivia, según estimaciones del Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras (MDRyT), la producción de quinua en 2012 fue de 50 566 t con una superficie cultivada de aprox. 96.544 ha (SISPAM, 2012). Las principales áreas de producción comercial de este cultivo se sitúan en el Altiplano siendo uno de los principales productores el Departamento de Oruro, seguido por Potosí y La Paz.

Su consumo se da en grano, que se prepara principalmente en platos típicos además de hojuelas, harinas, pipocas, granolas, turrones, productos de panificación, quesos, panes, empanadas, rollos y otros. Los peciolos y láminas de las hojas tiernas también pueden ser consumidos como verduras crudas o hervidas.

La etapa inicial del mejoramiento genético de esta o cualquier otra especie debe ser la selección, formación y evaluación de un ecotipo con características deseables. Una variedad mejorada resultante será definida como el conjunto de plantas uniformes, producto de la aplicación de una técnica de mejoramiento genético, con características definidas y que reúne la condición de ser diferente a otras, estable y uniforme. Generalmente estas variedades presentan mayor potencial de rendimiento, así como diversas condiciones favorables de calidad, precocidad, resistencia a plagas y enfermedades (Tadeo y Espinosa, 2004). La fase final para la liberación de una variedad nueva exige realizar la descripción varietal, en donde se permita establecer que el ecotipo a liberar debe ser distinto, homogéneo y estable en relación a las variedades que se encuentran en el mercado de semillas (UPOV, 2008).

Por lo anterior, es necesario utilizar las guías técnicas para la descripción varietal que expiden los organismos nacionales e internacionales tales como el INIAF y la UPOV. Las guías incluyen el conjunto de descriptores y observaciones que permiten caracterizar a una variedad para su identificación y distinción, procedimiento esencial para la inscripción de variedades o para

solicitar la expedición de título de obtentor ante dependencias oficiales (UPOV, 2008). Esto permite a su vez la adjudicación y establecimiento de los derechos de obtentor para un mejor control del comercio de semillas. En este marco, el atributo de calidad es básico debido a que es determinado por el genotipo y además permite realizar estudios de interés agronómico en la especie además de evitar la biopiratería de materiales (Keffe y Draper, 1986). Estos patrones se encuentran basados en características morfológicas de la población, clasificándose de acuerdo a la forma de evaluación en caracteres cualitativos y cuantitativos (Kelly, 1988).

La importancia de la descripción varietal radica en poder registrar una variedad ante organismos oficiales, promover su difusión y realizar adecuadamente su multiplicación, manteniendo su pureza genética; esto con la finalidad de ofrecer certeza tanto al obtentor de una nueva variedad como a quien hará uso del material registrado. Estos principios rectores son de utilidad para los mejoradores al solicitar la concesión de los derechos de obtentor de una nueva variedad.

Con dichos antecedentes, en el presente trabajo se planteó como objetivo la descripción varietal para el registro de los ecotipos de Quinua Real de mayor producción e importancia económica para los productores de Salinas de Garci Mendoza del departamento de Oruro. De esta manera se abre la posibilidad de que los ecotipos sean contemplados en el Registro Nacional de Variedades y de esta manera cumplan con el primer requisito para iniciar el proceso de Certificación de Semillas.

Materiales y Métodos

La investigación se realizó en los predios del Centro de Investigación de la Quinua, dependiente de la Universidad Técnica de Oruro (UTO), localizado en el municipio de Salinas de Garci Mendoza de la Provincia Ladislao Cabrera del Departamento de Oruro. Dicho centro se encuentra localizado en las coordenadas 67°40' de longitud oeste, 19°37' de latitud sur y a una altitud de 3 745 msnm.

Germoplasma utilizado

Se utilizaron 9 ecotipos de Quinoa Real provenientes de Salinas de Garci Mendoza (Challpamok'o, Chillpi Blanco, Kellu, Koyto Blanco, Negro, Noventón, Puñete, Rosa Blanca y Utusaya) y una variedad de quinua del altiplano centro (Aynoca) considerada como grupo externo hipotético.

El experimento se estableció en campo con la siembra de los ecotipos el 19 de octubre de 2012, el experimento tuvo una superficie de 7 m de largo por 5 de ancho con 5 surcos y pasillos de 1.5 m. Se realizaron las prácticas rutinarias de manejo en el cultivo, fertilización, control de malezas y la aplicación preventiva de pesticidas orgánicos para disminuir la incidencia de plagas y enfermedades, de acuerdo a las prácticas tradicionales realizadas por los agricultores locales.

Para la evaluación se consideraron los siguientes descriptores cualitativos y cuantitativos: Días a la madurez fisiológica, longitud de los cotiledones, presencia de axilas pigmentadas, largo de hoja, ancho de hoja, longitud de peciolo, número de dientes en la hoja, altura de planta, número de panojas, número de ramificaciones, diámetro de tallo, diámetro de panoja, longitud de panoja, rendimiento por panoja, diámetro de grano, espesor de grano, peso de 100 semillas, porcentaje de germinación, emergencia, botón floral, inicio de floración, porcentaje floración a 110 días, días al fin de floración, días a grano lechoso, días a grano pastoso y días a la madurez fisiológica. Estos caracteres fueron evaluados en 10 plantas por ecotipo elegidas al azar de acuerdo al descriptor de variedades de quinua (Formulario RE-02) del INIAF y descriptores de quinua de Bioversity International.

Análisis estadístico

a) Estadística descriptiva

Para el análisis de estadística descriptiva para variables cuantitativas se consideró el número de observaciones, media, desviación estándar y valores mínimos y máximos

b) Análisis componentes principales

El análisis de componentes principales se empleó para observar un agrupamiento previo y la relación de las variables con la dispersión de los ecotipos. Se generó un diagrama de dispersión a partir de los dos primeros componentes principales (biplot).

c) Agrupación jerárquica por conglomerados

Considerando la naturaleza cuantitativa de las variables analizadas y para complementar el análisis de componentes principales, se utilizó el agrupamiento jerárquico mediante el método de Ward.

Resultados

Estadística descriptiva

Los resultados del análisis se presentan en el Cuadro 1. Se observa que en las variables fenológicas existió amplia variación. Por ejemplo, la variable “días a la madurez fisiológica” varió entre 144 días para el ecotipo Noventona (más precoz) y 167 días para el ecotipo Challpamok'o (más tardío), resultando en un rango de 23 días y un coeficiente de variación de 4.18%.

La variable “altura de planta” reflejó un valor mínimo de 49 cm para el ecotipo Chillpi Blanco y 147 cm para el ecotipo Rosa Blanca Utusaya. En la variable “longitud de panoja” se observó un rango de variación 26 cm. Ésta variable es importante ya que se correlaciona una mayor longitud de panoja con una mayor cantidad de grano y por ende mayor rendimiento. De acuerdo al valor del coeficiente de variación, se aprecian considerables rangos de variabilidad desde 0.53 a 61.04 %, para el caso de las variables cuantitativas, correspondiendo este último valor al rendimiento de panoja.

Se puede mencionar también que variables relacionadas a la floración mostraron coeficientes de variabilidad mayores al 30%, lo que expuso una diferencia considerable en cuanto a la duración de los diferentes estadios fenológicos.



Cuadro 1. Estadística descriptiva de las variables cuantitativas (n=10)

	Variable	Media	Desv. Est.	Mínimo	Máximo	C. V. (%)
v01	Días a la madurez fisiológica	158.30	6.62	144.00	167.00	4.18
v03	Longitud de los cotiledones (mm)	5.21	0.40	4.64	5.83	7.70
v04	Presencia de axilas pigmentadas	0.50	0.85	0.00	2.00	169.97
v05	Largo de hoja (cm)	8.24	1.57	5.93	9.56	19.06
v06	Ancho hoja (cm)	7.30	1.89	4.02	10.66	25.81
v07	Longitud peciolo (cm)	6.09	1.38	3.87	7.75	22.66
v08	Numero de dientes en la hoja	15.45	4.61	10.40	23.70	29.84
v17	Altura planta (cm)	112.80	36.56	49.00	147.00	32.41
v18	Numero de panoja	21.10	6.74	11.00	32.00	31.95
v19	Numero de ramificación	19.50	6.85	10.00	31.00	35.14
v20	Diámetro tallo (mm)	21.27	4.01	14.05	27.52	18.84
v21	Diámetro panoja (mm)	66.63	21.85	34.46	100.02	32.79
v22	Longitud panoja (cm)	33.50	10.87	18.00	44.00	32.43
v25	Rendimiento por panoja (g/10 planta)	672.00	410.17	96.00	1198.00	61.04
v26	Diámetro grano (mm)	2.12	0.33	1.19	2.34	15.81
v27	Espesor grano (mm)	0.56	0.24	0.31	0.88	43.16
v28	Peso de 100 semillas	0.39	0.05	0.31	0.45	13.12
v33	Porcentaje de germinación	99.50	0.53	99.00	100.00	0.53
v34	Emergencia	78.70	4.79	70.00	85.00	6.08
v35	Botón floral	63.00	23.01	25.00	85.00	36.53
v36	Inicio de floración	67.70	22.90	29.00	90.00	33.83
v37	Porcentaje floración a 110 días	66.70	22.52	29.00	90.00	33.76
v38	Fin de floración	70.80	21.99	32.00	90.00	31.06
v39	Grano lechoso	79.30	8.72	60.00	90.00	10.99
v40	Grano pastoso	76.10	14.72	50.00	88.00	19.35
v41	Madurez fisiológica	83.90	15.93	55.00	98.00	18.99

Cabe destacar que la variación expuesta por los valores mínimos, máximos y el coeficiente de variación se debe a las características fenotípicas de los ecotipos y variedad estudiados (Stanfield, 1990). Este comportamiento ya fue observado previamente (Cáceres, 2000)

Análisis de componentes principales

La variación explicada de los componentes principales se muestra en la Figura 1. El componente principal 1 presentó un porcentaje en cuanto a varianza explicada de 57.32% y el componente principal 2 explicó el 15.20% de la varianza. Ambos sumaron una variación explicada de un 73.22 %. Los componentes principales del 3 al 9 explicaron la varianza en porcentajes menores a 7%. Por tanto, el análisis de la relación de variables y distribución de ecotipos en el plano formado por las componentes principales 1 y 2 se refiere al 73.22% de la información.

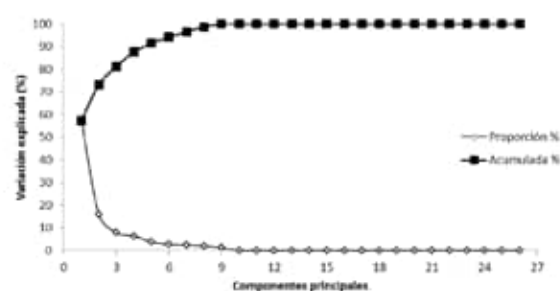


Figura 1. Variación explicada de los componentes principales

La relación de las variables con cada eje de los componentes principales se muestra en el gráfico biplot de la Figura 2. En las variables representadas en el componente principal 1 (CP1), se pueden destacar las siguientes correlaciones positivas: v05 (largo de hoja), v40 (días al grano pastoso), v19 (número de ramificaciones), v41 (días a la madurez fisiológica), v25 (rendimiento de panoja), v21 (diámetro de panoja), v22 (lon-

gitud de panoja), v17 (altura de planta) y v18 (número de panojas), entre otras. Este grupo de variables presentó coeficientes de correlación positivos. Por ejemplo, el rendimiento de panoja estuvo positivamente correlacionado con las variables número de ramificaciones, longitud de panoja, altura de planta y número de panojas. Observando el CP1 se puede verificar que los ecotipos con menor rendimiento de panoja fueron Koyto Blanco, Aynoca y Chillpi, en contraste con los otros ecotipos Puñete, Utusaya, Kellu, Rosa Blanco, Challpamok'o, Noventona y Negro.

Se puede también mencionar la correlación positiva entre las variables referidas al ciclo de duración de cultivo respecto a las fases fenológicas: v35 (días a botón floral), v38 (días al fin de la floración), v36 (días al inicio de la floración) y v37 (porcentaje de floración a 110 días). Es evidente la correlación entre el tiempo necesario para llegar a fases fenológicas tardías y el tiempo necesario para completar los estadios tempranos.

Finalmente, el componente principal 2 (CP2) se correlacionó positivamente con las variables v01 (longitud de los cotiledones), v04 (Presen-

cia de axilas pigmentadas) y v08 (Número de dientes en la hoja). A su vez, estas variables se agruparon en menor grado entre sí respecto a las variables correlacionadas con el CP1. Se debe mencionar que la variable v03 (Días a la madurez fisiológica), no se encontró representada significativamente en ninguno de los dos componentes principales, por lo que su tendencia en el presente estudio fue independiente al resto de las variables.

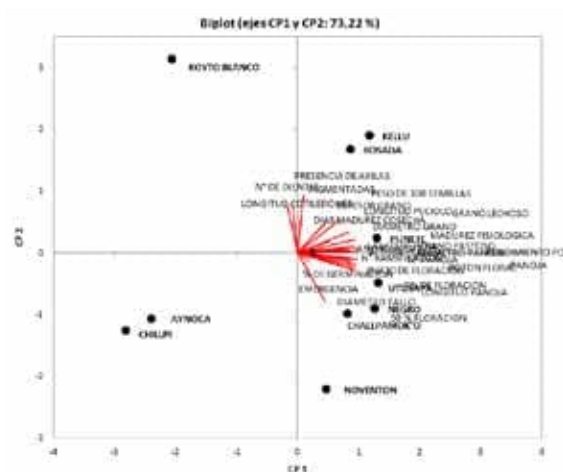


Figura 2. Dispersión de las variables correlacionadas con los dos primeros componentes principales

Cuadro 2. Variación explicada de las variables en cada componente principal (%)

Variable	CP1	CP2	Total
v01 Días a la madurez fisiológica	0.6	28.0	28.6
v03 Longitud de los cotiledones (mm)	2.5	53.1	55.6
v04 Presencia de axilas pigmentadas	0.1	64.2	64.3
v05 Largo de hoja (cm)	94.8	0.7	95.5
v06 Ancho hoja (cm)	63.3	0.6	63.9
v07 Longitud peciolo (cm)	57.6	35.3	92.9
v08 Numero de dientes en la hoja	5.8	74.2	80.0
v17 Altura planta (cm)	96.7	0.0	96.7
v18 Numero de panoja	82.1	1.4	83.4
v19 Numero de ramificación	77.9	1.2	79.2
v20 Diámetro tallo (mm)	27.2	58.5	85.8
v21 Diámetro panoja (mm)	72.5	0.7	73.2
v22 Longitud panoja (cm)	94.6	0.0	94.6
v25 Rendimiento por panoja (g/10 planta)	90.9	0.2	91.2
v26 Diámetro grano (mm)	35.2	4.1	39.3
v27 Espesor grano (mm)	39.4	16.0	55.4
v28 Peso de 100 semillas	22.4	20.0	42.4
v33 Porcentaje de germinación	1.2	4.9	6.1

Cuadro 2. Variación explicada de las variables en cada componente principal (%)				
v34	Emergencia	30.8	2.0	32.8
v35	Botón floral	89.0	8.4	97.4
v36	Inicio de floración	86.1	10.6	96.7
v37	Porcentaje de floración a 110 días	83.5	11.6	95.2
v38	Fin de floración	88.3	6.6	94.9
v39	Grano lechoso	63.6	6.6	70.2
v40	Grano pastoso	89.6	4.3	93.9
v41	Madurez fisiológica	94.7	0.0	94.7

Agrupación jerárquica de los ecotipos y variedad de quinua

El análisis de agrupación jerárquica resultó en un coeficiente de R² semiparcial de 0.0184. En el dendrograma obtenido (Figura 3) se visualizaron tres grupos de ecotipos de quinua de acuerdo a las 26 variables consideradas: El grupo 1 incluyó a la variedad Aynoca y a los ecotipos Chillpi Blanco y Koyto Blanco, el grupo 2 concentró a los ecotipos Negro y Puñete y el grupo 3 a los ecotipos Kellu, Rosada Blanca, Utusaya, Noventón y Challpamok’o.

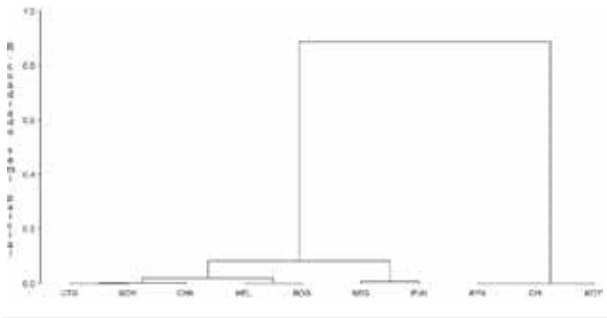


Figura 3. Dendrograma de 9 ecotipos y 1 variedad de quinua provenientes de Salinas de Garci Mendoza construido en base a 26 variables cuantitativas

Cuadro 3. Promedios de variables de las accesiones de quinua de salinas por cluster			
Variables	Conglomerado o Grupo		
	1	2	3
Días a la madurez fisiológica	160.00	157.40	158.00
Longitud de los cotiledones (mm)	5.37	5.25	4.86
Largo de hoja (cm)	6.10	9.11	9.30
Ancho de hoja (cm)	5.23	8.25	8.06
Longitud del peciolo (cm)	4.78	6.68	6.58
Numero de dientes en la hoja	14.67	15.86	15.60
Altura de planta (cm)	61.33	134.80	135.00
Numero de panoja	12.33	23.40	28.50
Numero de ramas	11.33	21.20	27.50
Diámetro de tallo (mm)	17.58	23.14	22.13
Dímetro de panoja (mm)	40.69	78.34	76.26
Longitud de panoja (cm)	18.67	38.40	43.50
Rendimiento (gramos/10 planta)	111.67	827.40	1124.00
Diámetro de grano (mm)	1.86	2.26	2.16
Espesor de grano (mm)	0.36	0.56	0.84
Peso de 100 semillas gramos	0.36	0.40	0.42
Porcentaje de germinación	99.33	99.60	99.50

Conclusiones

El análisis descriptivo de variables cuantitativas en el presente estudio ha permitido identificar a las variables rendimiento de panoja, altura de

planta y espesor de grano como las que tienen el mayor grado de variación, en tanto que las variables referidas a los ciclos fenológicos mostraron coeficientes de variación entre 31.06% y 36.53%. En el pasado se ha reportado una gran

variabilidad en cultivares de quinua respecto a rendimiento en grano y biomasa (Torres et al., 2000), lo que respalda los resultados del presente estudio. Es esperable la diferencia en rendimiento entre ecotipos o variedades ya que muchas selecciones se realizan tomando en cuenta principalmente esta variable.

El análisis de componentes principales generó dos componentes principales que explican el 73.22% de la varianza. El primer componente principal estuvo correlacionado positivamente con las siguientes variables: largo de hoja, ancho de hoja, longitud de peciolo, altura de planta, número de panojas, número de ramificaciones, diámetro de panoja, longitud de panoja, rendimiento por panoja, días al botón floral, días al inicio de floración, porcentaje de floración a 110 días, días al fin de floración, días a grano lechoso, días a grano pastoso y días a la madurez fisiológica. En el segundo componente, las variables más correlacionadas fueron la longitud de los cotiledones, presencia de axilas pigmentadas, número de dientes en la hoja, diámetro de tallo. Estos resultados se encuentran respaldados por resultados similares en experiencias anteriores donde existe correlación entre variables relacionadas con el rendimiento y entre variables relacionadas con las fases fenológicas (Torres et al., 2000).

Por primera vez se agrupó a estos ecotipos provenientes de Salinas de Garci Mendoza en tres grupos. Se determinó que las diferencias entre grupos se debieron principalmente a variables como altura de planta, número de panojas, número de ramas, diámetro de tallo, diámetro de panoja, rendimiento y diámetro de grano, factores que determinan la arquitectura de planta y que diferencian los grupos 2 y 3 con respecto al grupo 1. La diferenciación entre los grupos 2 y 3 correspondió principalmente al rendimiento de panoja.

Referencias

- Cáceres, R. 1990. Caracterización en 262 accesiones del banco de germoplasma de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), en Hoyos, Localidad Irpani, Provincia Ladislao Cabrera – Oruro. Tesis de grado Ing. Agr. Universidad Técnica de Oruro. Facultad de Agronomía.
- Keefe, P. D., Draper, S. R. 1986. The measurement of new characters for cultivar identification in wheat using machine vision. *Seed science and technology*. 14(3): 715-724.
- Kelly, A. 1988. Seed production of agricultural crops. Ed. Longman Scientific & Technical. New York, USA.
- FAO. 1996. The state of the world's plant genetic resources for food and agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy.
- Pla, L. 1986. Análisis multivariado: método de componentes principales. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Washington DC, Estados Unidos.
- Siles, C. 1999. Diseño y análisis de experimentos en Bloque y análisis multivariado. *En* Curso de Estadística avanzada y manejo del programa SAS para investigadores. Universidad Técnica de Oruro. Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias. Dirección de Postgrado e Investigación Científica. Oruro, Bolivia.
- Stanfield, W. Genética. 3a edición. McGraw – Hill. México DF, México.
- Tadeo R., Espinosa, C. 2004. Producción y Tecnología de Semillas. Universidad Nacional Autónoma de México. Cuautitlan, Izcalli, México.
- Torres, J., Vargas, H., Corredor, G., Reyes, L.M. 2000. Caracterización morfoagronómica de diecinueve cultivares de Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en la sabana de Bogotá. *Agronomía Colombiana*. 17: 60-68.
- UPOV. 2008. Directrices para la ejecución del examen de distinción, la homogeneidad y la estabilidad en amaranto (*Amaranthus*. L.) TG/247/1. Ginebra, Suiza.





Evaluación de la germinación de accesiones del Banco de Germoplasma de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) del Estado Plurinacional de Bolivia

Carolina Alanoca Quispe^{1*}, Delma Guzman¹, Soledad Lutino², Edwin Iquize Villca¹

¹Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal, Av. Blanco Galindo Km 5.5, Casilla 832, Cochabamba, Bolivia

²Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal, Av. Busch 1370, Casilla 4793, La Paz, Bolivia

*Autor para correspondencia: carol_aqc@hotmail.com

Resumen

Bolivia es un país rico en cuanto a la variabilidad genética en el cultivo de quinoa, actualmente se tienen 3104 accesiones conservadas en el Banco de Germoplasma de la Estación Experimental de Toralapa procedentes de varios países, de las cuales el 75% son originarios de Bolivia. El año 2010 estas accesiones fueron transferidas al INIAF sin datos reales del porcentaje de germinación de cada accesión, desconociendo la viabilidad de este germoplasma, datos muy importantes para la conservación ex situ del material. En el presente trabajo se realizó el análisis de 2675 accesiones del cultivo de quinoa para determinar el porcentaje de germinación, en laboratorios de análisis de calidad de semillas del INIAF, para planificar el refrescamiento y preservar el germoplasma. Estas pruebas se iniciaron a fines del año 2010, concluyéndose en el 2012 en los laboratorios de semilla del Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal INIAF, según Reglas ISTA.

Se encontró que el 71.6% de las accesiones evaluadas presentaron una germinación menor o igual al 80% y un 28.4% solamente presentaron una germinación mayor al 80%. Por lo tanto se requiere refrescar mayor cantidad de accesiones conservadas en el Banco de Germoplasma.

Palabras claves: Banco de germoplasma, accesión, quinoa, viabilidad, germinación

Abstract

Bolivia is a very rich country regarding genetic variability in quinoa. At present 3104 accessions are conserved in the Germplasm Bank at Toralapa Experimental Station from various countries and of which 75% are originally from Bolivia. On year 2010 these accessions were transferred to INIAF without data about the germination percentage each accession, therefore without information on the viability of this material. This is very important and necessary information for the ex situ conservation of the material. In the present study the analysis of 2675 accessions of quinoa in order to determine the germination percentage was performed in the Seed Analysis Laboratory of INIAF. Seed tests were started in 2010 and finished in 2012. It was found that 71.6% of the evaluated accessions had a germination percentage equal or inferior to 80% and that 28.4% presented a germination rate superior to 80%. It was concluded that the regeneration of the majority of the material of the Germplasm Bank is required.

Keywords: Germplasm Bank, accession, quinoa, viability, germination



Introducción

La quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) es una especie nativa de la Región Andina, que se comparte entre Bolivia, Perú y Ecuador. En esta región también se encuentra la mayor diversidad de quinuas cultivadas y silvestres, la cual está relacionada con la diversidad agroecológica.

Este cultivo ha sido el sustento principal de los primeros pobladores andinos y también lo es para los agricultores que en la actualidad viven en el Altiplano Centro, Norte y Sur de Bolivia (Tapia, 1979). Adicionalmente, en la actualidad es un producto de gran interés para la alimentación humana por su alto contenido y calidad de proteínas, vitaminas y minerales. Es muy atractivo para el mercado internacional, cuya demanda se ha incrementado significativamente en los últimos años, lo cual demuestra la importancia económica de este cultivo para Bolivia, que es el principal país productor y exportador de quinua a nivel mundial.

Bolivia cuenta con más de 3000 accesiones de quinua que fueron recolectadas a partir de la década de 1960, estas accesiones poseen amplia variabilidad genética: algunas son precoces y otras tardías, existen diversos colores, formas y tamaños de semilla. Además, las accesiones bolivianas fueron recolectadas en regiones distribuidas a lo largo de la meseta del altiplano y valles interandinos de Bolivia, con características peculiares de cultivo, uso y transformación.

La conservación de estos Recursos Genéticos se realiza en condiciones *ex situ* y en forma de semilla en la Estación Experimental de Toralapa (E.E. Toralapa) localizada en el departamento de Cochabamba y a cargo del Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF). Al mismo tiempo, se ha llevado a cabo el establecimiento de parcelas de refrescamiento en las zonas de origen: Altiplano Norte, Centro y Sur en los departamentos de La Paz y Oruro y en la E.E. Toralapa para accesiones de valle y valle alto.

Debido al incalculable valor genético con el que cuenta el Banco de Germoplasma de Quinua,

las semillas requieren un monitoreo de la viabilidad en forma periódica para conservar la riqueza genética con la que Bolivia cuenta. Por esta razón el presente trabajo tuvo el objetivo de determinar el porcentaje de germinación de las semillas de las accesiones del Banco de Germoplasma de Quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) de Bolivia, administrado por el INIAF.

Materiales y métodos

El presente estudio se realizó en las gestiones 2010, 2011 y 2012 en los Laboratorios de Análisis de Calidad de Semillas del INIAF en las ciudades de La Paz y Cochabamba y en la E.E. Toralapa.

Inicialmente se realizó un inventario de las semillas recibidas por los anteriores administradores del Banco de Germoplasma de Granos Altoandinos, el cual se encuentra bajo administración efectiva del INIAF desde julio de 2010. Estas semillas rutinariamente son almacenadas a corto y mediano plazo en ambientes oscuros bajo condiciones naturales a temperaturas entre 8°C y 17°C y a una humedad relativa del ambiente entre 45% y 55%.

Pruebas de germinación

Las pruebas fueron realizadas bajo normas internacionales para análisis de semillas, establecidas por la International Seed Testing Association (ISTA, 2010) y las normas para bancos de genes (FAO/IPGRI, 1994). El método utilizado fue el método sobre papel en placas Petri.

Para el análisis se emplearon semillas de las 2675 accesiones de quinua (200 accesiones en 2010, 1218 accesiones en 2011 y 1257 accesiones en 2012) que contaban con cantidades de 10 g como mínimo, provenientes del Banco de Germoplasma. Las semillas fueron dispuestas sobre papel filtro humedecido con agua destilada, previamente esterilizada para prevenir daños por hongos en cuatro repeticiones de 100 semillas cada una, con previa identificación y registro de la fecha de siembra. Posteriormente fueron incubadas al interior de una cámara de germinación, a

una temperatura de 20°C, con un fotoperíodo de 8h/16h de luz/oscuridad. Se realizó un constante control de humedad y aireación.



Figura 1. Prueba de germinación mediante el método sobre papel en placas Petri.

En todas las pruebas de germinación se realizaron 2 lecturas: A los 5 y a los 7 días después de la siembra, en las cuales se evaluaron los porcentajes de plántulas normales, plántulas anormales, semillas muertas, semillas duras (latentes) y semillas frescas.



Figura 2. Semillas germinadas de quinua con características normales (izquierda) y con anomalías en la germinación (derecha).

Análisis estadístico

Las variables de germinación fueron procesadas con estadística descriptiva, con el modelo lineal generalizado bajo la distribución multinomial y la estructura del análisis de varianza de clasificación múltiple (Steel y Torrie, 1992; Montgomery, 2003).

Resultados y discusión

Inventario de semillas

En el Cuadro 1 se observa que el Banco de Germoplasma de Granos Altoandinos administrado por el INIAF conserva en la actualidad 3 104 accesiones de quinua procedentes de varios países. Bolivia se muestra como el origen de la mayor cantidad de accesiones (2 328 accesiones), seguida por Perú y Ecuador. También se observa que se tienen accesiones de las cuales se desconoce el origen. Este pormenor ya fue manejado en la base de datos de esa manera por los anteriores administradores del Banco de Germoplasma, que transfirieron el mismo al INIAF en 2010.

En referencia a la cantidad de semilla almacenada por accesión se observa que existen accesiones con muy poca cantidad de semilla (hasta 0.10 g) y accesiones con bastante cantidad de semilla (hasta 900.50 g). Estos datos preliminares evidencian la necesidad de realizar acciones de multiplicación de aquellas accesiones con menor cantidad de semilla para asegurar su conservación. Esta labor viene realizándose por el INIAF de manera prioritaria desde que se hizo cargo del Banco de Germoplasma.

Pruebas de germinación

Los resultados del análisis de estadística descriptiva de las pruebas de germinación se muestran en el Cuadro 2. Se puede advertir que existe una gran variación, expresada por la desviación estándar y los valores mínimos y máximos. La diferencia de comportamientos durante almacenamiento entre diferentes genotipos de quinua ya ha sido observada anteriormente (Castelli,



Cuadro 1. Inventario de semillas por accesión del Banco de Germoplasma de Quinua.

País de origen	Número de accesiones	Cantidad de semillas (g)			
		Promedio	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Ecuador	21	406.57	252.89	43.90	845.00
Perú	657	423.87	166.50	2.40	836.00
Bolivia	2328	342.05	211.59	0.10	900.50
Chile	15	146.54	96.89	31.50	347.70
Argentina	15	236.95	209.65	19.70	788.40
México	5	406.06	288.75	146.20	856.00
USA	1	7.50	-	7.50	7.50
Sin datos	62	205.59	106.33	9.10	851.8
Total	3104	357.99	206.53	0.10	900.50

2008). Entre las causas para estas diferencias se pueden mencionar diferencias en la tolerancia a almacenamiento y también la heterogeneidad del tiempo de almacenamiento después del refrescamiento (Castellón, 2008).

Con estos datos, las accesiones de quinua fueron organizadas gráficamente por código (Figura 7A) y por porcentaje de germinación (Figura

7B). En la Figura 7A se muestra que la variabilidad en germinación se puede deber a que las accesiones tuvieron refrescamientos en diferentes años. En la Figura 7B se visualiza que la mayoría de las accesiones tienen porcentajes de semilla germinada menores a 80%, valor que es el límite inferior recomendado para conservación de germoplasma en semillas (FAO/IPGRI, 1994).

Cuadro 2. Estadística descriptiva de la viabilidad de las semillas de las accesiones del Banco de germoplasma de quinua (%) (n = 2675).

Categoría	Media	Desv. estándar	Mín.	Máx.
Germinadas	54.14	31.05	0.00	100.00
Anormales	14.81	17.17	0.00	92.00
Muertas	18.77	23.83	0.00	99.00
Duras	2.26	6.91	0.00	80.25

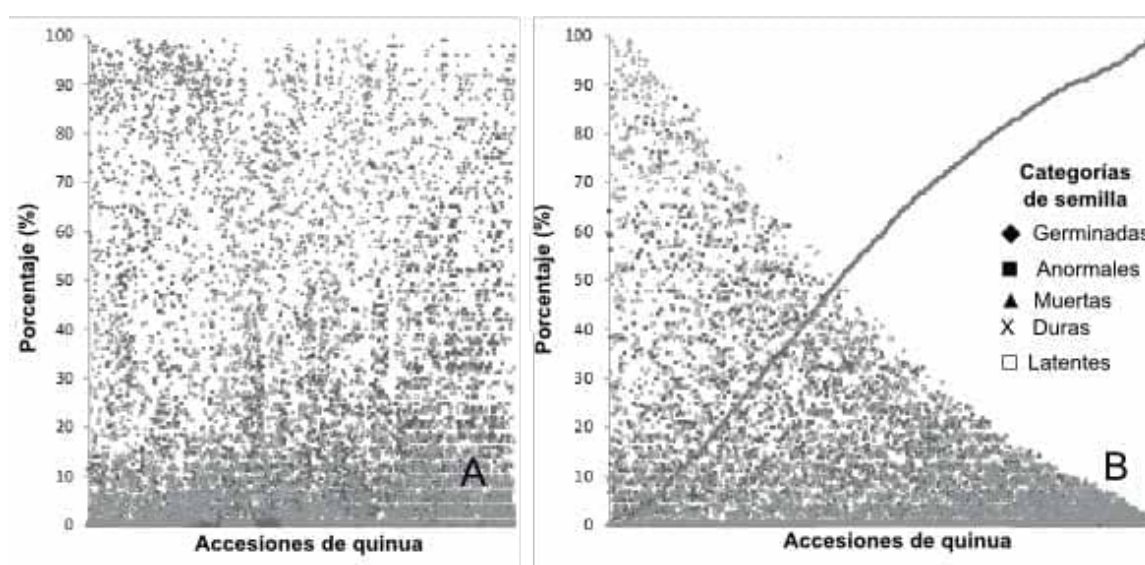


Figura 3. Ocurrencia de accesiones de quinua con semillas germinadas, anormales, muertas, duras y latentes. **A.** Ocurrencia organizada según código de pasaporte. **B.** Ocurrencia organizada en función del porcentaje de semillas germinadas.

Al efectuar un análisis de varianza se observaron diferencias significativas ($p < 0.0001$) entre años en los cuales se efectuó el estudio (Figura 4), entre países dentro años (Cuadro 3) y entre departamentos dentro año y país. Este resultado se debe presumiblemente a que la mayoría de las accesiones de quinua fueron refrescadas o multiplicadas varios años atrás como se mencionó anteriormente (Castellón, 2008). Las accesiones con porcentajes de germinación menores a 80% fueron la mayoría excepto el año 2010, en el cual solamente se analizaron 200 accesiones y se observó un mayor número de accesiones con porcentajes de germinación mayores a 80%.

En base a lo que se conoce respecto a la fisiología de las semillas de quinua en condiciones de almacenamiento se puede presumir que las accesiones fueron refrescadas con una frecuencia mayor a 4 ó 5 años desde 2000.

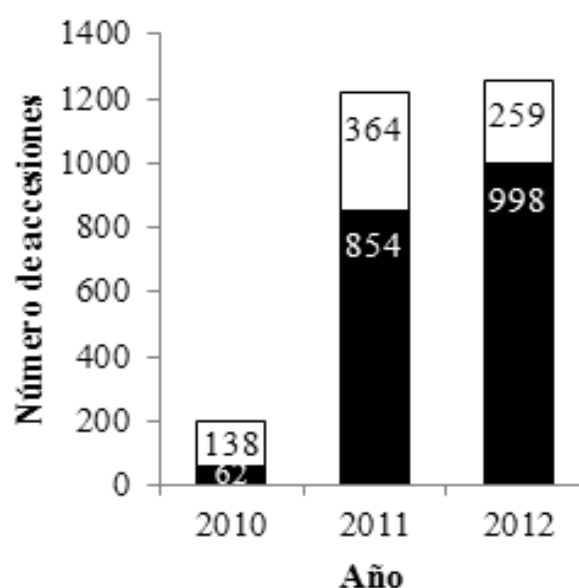


Figura 4. Ocurrencia de accesiones de quinua con semillas con porcentajes de germinación mayor a 80% (blanco) y menor a 80% (negro), por año de evaluación.

Cuadro 3. Ocurrencia de semillas germinadas de accesiones de quinua por país de origen y año de evaluación.

Año	País	Germinación				Total	
		≤80%		>80%		Accesiones	%
		Accesiones	%	Accesiones	%		
2010	Bolivia	62	31.00	138	69.00	200	100.00
	Ecuador	5	62.50	3	37.50	8	100.00
	Perú	192	55.81	152	44.19	344	100.00
	Bolivia	617	75.89	196	24.11	813	100.00
	Chile	9	60.00	6	40.00	15	100.00
2011	Argentina	9	90.00	1	10.00	10	100.00
	México	1	50.00	1	50.00	2	100.00
	Sin dato	18	78.26	5	21.74	23	100.00
	No identificado	3	100.00	0	0.00	3	100.00
	Total	854	70.11	364	29.89	1218	100.00
2012	Ecuador	8	61.54	5	38.46	13	100.00
	Perú	85	76.58	26	23.42	111	100.00
	Bolivia	891	79.84	225	20.16	1116	100.00
	Chile	1	100.00	0	0.00	1	100.00
	México	1	50.00	1	50.00	2	100.00
	Sin dato	2	100.00	0	0.00	2	100.00
	Sin dato	1	50.00	1	50.00	2	100.00
	Sin dato	2	100.00	0	0.00	2	100.00
	No identificado	7	87.50	1	12.50	8	100.00
	Total	998	79.40	259	20.60	1257	100.00
Total		1914	71.55	761	28.45	2675	100.00

Cuadro 4. Refrescamiento de accesiones de quinua por campaña agrícola y por departamento

Región	Departamento	Sitio	Numero de accesiones de quinua refrescadas por campaña agrícola		
			2010-2011	2011-2012	2012-2013
Altiplano Centro	La Paz	Estación Experimental de Patacamaya	102	211	300
Altiplano Sur	Oruro	Centro de Investigación de Quinua Real, comunidades de Cerro Grande e Irpani	69	130	70
Valles Altos	Cochabamba	Estación Experimental de Toralapa	32	320	200
Total			203	661	570

Refrescamiento de las accesiones.

En base a la información registrada se tomó la decisión de realizar el refrescamiento de la mayoría de las accesiones de quinua como tarea prioritaria para lograr el porcentaje de germinación mínimo de 85% recomendado (FAO/IPGRI, 1994) para la conservación de semilla a largo plazo en bancos de germoplasma.

En el Cuadro 4 se reportan datos preliminares de las labores de refrescamiento realizadas hasta el momento por el INIAF en 1434 accesiones de quinua entre las campañas agrícolas 2010-2011 y 2012-2013.

En general se observó que el 71.6% de las accesiones de quinua evaluadas (1914 accesiones), presentaron porcentajes de germinación menores al 80%, por lo que requieren ser refrescadas a la brevedad posible. En dicho refrescamiento se debe priorizar aquellas accesiones que presenten los porcentajes de germinación más bajos y que posean menor cantidad de semilla, para poder garantizar la preservación del germoplasma. Los resultados evidencian que las semillas de las accesiones conservadas no se encontraban en condiciones fisiológicas óptimas al ser recibidas por el INIAF en 2010.

Bibliografía

1. Castellión, M.L. 2008. Procesos de deterioro y mecanismos de protección y reparación involucrados en la pérdida diferencial de la viabilidad durante el almacenamiento en semillas de *Chenopodium quinoa* Willd. Tesis Ph.D. Buenos Aires, Argentina. Universidad de Buenos Aires. 118 p.
2. FAO/IPGRI. 1994. Normas para bancos de genes. Roma, Italia.
3. ISTA. 2010. International rules for seed testing. ISTA. Zurich, Suiza.
4. Montgomery, D. 2003. Diseño y análisis de experimentos. Trad. Rodolfo Piña García. Limusa, Wiley. México DF, México.
5. Tapia, M. 1979. La Quinua y la Kañahua. Cultivos Andinos. Serie de libros y materiales educativos N°40. IICA/CATIE Oficina Regional para América Latina. Bogotá, Colombia.



Producción de Semilla Prebásica de cinco variedades nativas de papa provenientes del Banco de Tubérculos y Raíces Andinas

Carol Rocabado Espinoza^{1*}, Luis Mercado Martínez¹, Edwin Iquize Villca¹

¹Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal, Av. Blanco Galindo Km 5.5, Casilla 832, Cochabamba, Bolivia

*Autor para correspondencia: carolrocbado@hotmail.com

Resumen

El objetivo del presente trabajo fue realizar la limpieza viral y la producción de semilla prebásica de 5 variedades nativas de papa priorizadas en base a su importancia social, cultural y comercial (Laram Pala, Yana Imilla, Sani Imilla Negra, Azul Luki, Pinta Boca). El proceso de limpieza viral (termoterapia y cultivo de meristemos) fue exitoso en las 5 variedades priorizadas para 7 especies virales (PVX, PVY, PLRV, PVS, APMV, APLV y PVA). En el proceso de producción de semilla prebásica se obtuvieron 5 calibres de tubérculos (II-VI) y un rendimiento de entre 4.4 Kg•m⁻² y 6.1 Kg•m⁻², dependiendo de la variedad. El número de tubérculos obtenidos también varió en función de la variedad entre 313 tubérculos•m⁻² y 882 tubérculos•m⁻². Es necesario profundizar el presente trabajo mediante una valoración de la incidencia viral antes y después del proceso de limpieza viral y haciendo una comparación con variedades mejoradas bolivianas.

Palabras clave: Semilla prebásica, *Solanum tuberosum* spp. *andigenum*, multiplicación

Abstract

The objective of this work was to perform virus elimination and production of pre-basic seed potato of 5 native landraces prioritized based on their social, cultural and commercial importance (Laram Pala, Yana Imilla, Sani Imilla Negra, Azul Luki, Pinta Boca). The process of virus elimination (thermotherapy and meristem culture) was successful in the 5 prioritized landraces for 7 viral species (PVX, PVY, PLRV, PVS, APMV, APLV and PVA). In the process of producing pre-basic seed potato, 5 calibers of tubers were obtained (II-VI) and a yield that ranged from 4.4 Kg•m⁻² to 6.1 Kg•m⁻², depending on the landrace. The number of tubers obtained also varied as a function of the landrace between 313 tubers•m⁻² and 882 tubers•m⁻². It is necessary to deepen the present study through a measurement of the viral incidence before and after the process of virus elimination and making a comparison with improved Bolivian cultivars.

Keywords: Pre-basic seed, *Solanum tuberosum* spp. *andigenum*, multiplication



Introducción

La papa (*Solanum tuberosum* L.) es el cultivo de mayor importancia alimentaria después de los cereales (CIP, 2010), ocupando un lugar preponderante en muchos países. Actualmente está difundida en 138 países, distribuida en 18 millones de hectáreas (Quiñones et al., 2004).

En Bolivia se cultiva en pequeñas superficies dentro de zonas altas e interandinas, representando la principal fuente de ingresos de 125 000 personas en la fase productiva, industrial y de comercialización (Gabriel et al., 2011). Tiene un rendimiento promedio de $6 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, pudiendo alcanzar en los valles interandinos de Cochabamba y mesotérmicos de Santa Cruz hasta $10 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, mientras que el rendimiento a nivel mundial es de $16 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Una de las razones que explica esta situación es el uso de semilla de baja calidad, procedente de plantas infectadas con virus en sucesivas campañas de siembra (semilla “cansada”). El agricultor bajo estas condiciones no desea utilizar tubérculo-semilla de su propia cosecha (Iriarte et al., 2001).

Esto hace necesario avanzar hacia técnicas más eficientes, que permitan producir semilla de alta calidad genética y sanitaria, que se encuentre disponible para los agricultores, evitando de esta forma que cultivares nativos degenerados sean descartados y reemplazados por otros cultivos, perdiéndose la diversidad genética nativa (Iriarte et al., 2001).

Uno de los sistemas que permite la obtención de material de alta sanidad, es la producción de semilla prebásica en ambientes confinados que evitan la entrada de vectores y aíslan el ambiente, con la finalidad de evitar focos de infección viral todo el año, obteniendo así un sistema de producción a largo plazo. Para esto es importante disponer de núcleos iniciales generados de plantas *in vitro* de la más alta calidad sanitaria (Hidalgo et al., 1997).

En ese entendido y a solicitud de las instituciones dedicadas a la producción de semilla de papa del Departamento de Cochabamba, Federación de Semilleristas de Cochabamba (FEDESCO), la Asociación de Productores de Semilla de Papa (APROSEPA, Potosí - Villazón) y de los agricultores interesados, se seleccionaron varios cultivares nativos, de los cuales cinco fueron elegidos en base a su importancia social, cultural y comercial, para ser sometidos a un proceso de limpieza viral y producción de semilla prebásica.

La presente publicación, evalúa el comportamiento productivo de semilla prebásica de cada una de las 5 variedades nativas seleccionadas, que serán entregadas por el INIAF a los productores de semilla de papa de las zonas tradicionales de producción de papas nativas del país, reafirmando así el rol del Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF) en la conservación y manejo de germoplasma de tubérculos andinos y su aporte a la seguridad con soberanía alimentaria de nuestros pueblos.

Materiales y Métodos

Esta experiencia se desarrolló en la Estación Experimental Toralapa (E.E. Toralapa) del Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF), dependiente del Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras (MDRyT), en el departamento de Cochabamba durante la campaña 2012-2013. Dicho trabajo se realizó en dos fases: Fase de multiplicación *in vitro* y fase de producción en invernadero, de acuerdo a protocolos utilizados anteriormente (Aguirre et al., 2010).

Material Vegetal

Como material vegetal se utilizaron vitro-plantas de papa, de las accesiones detalladas en el Cuadro 1, libres de virus, testadas mediante la prueba de inmunoabsorción con conjugados enzimáticos, modalidad directa de emparejado de doble anticuerpo (DAS-ELISA).

Cuadro 1. Origen de las cinco accesiones (variedades nativas) del Banco de Tubérculos y Raíces Andinas, priorizadas para la producción de semilla prebásica. Se utiliza la clasificación taxonómica propuesta por Huaman y Spooner (2002).

Código	Nombre	Especie	Departamento
BOL1382	Laram Pala	<i>Solanum tuberosum</i> subsp. <i>andigenum</i> (Juz. & Bukasov) Hawkes	Oruro
BOL2840	Yana Imilla	<i>S. tuberosum</i> subsp. <i>andigenum</i> (Juz. & Bukasov) Hawkes	Potosí
BOL2878	Sani Imilla Negra	<i>S. tuberosum</i> subsp. <i>andigenum</i> (Juz. & Bukasov) Hawkes	La Paz
BOL3381	Azul Luki	<i>Solanum juzepczukii</i> Bukasov	Potosí
BOL4827	Pinta Boca	<i>Solanum stenotomum</i> Juz. & Bukasov	Cochabamba

Multiplicación de plántulas *in vitro*

El periodo de multiplicación tuvo una duración de tres meses, siguiendo la proyección de producción de semilla prebásica de papa 2012-2013 en la E.E.Toralapa. Se usó una progresión geométrica, con dos factores para el cálculo del volumen de producción: el factor de multiplicación (1:4) y la velocidad de crecimiento (27 días). Se colocaron 25 explantes en cajas plásticas transparentes de 6×10 cm (magenta) con medio de cultivo desarrollado en el centro internacional de la papa (CIP) compuesto por sales y minerales de Murashige y Skoog (1962), tiamina 0.4 mg•L⁻¹, mioinositol 100 mg•L⁻¹, paca 2 mg•L⁻¹ y sacarosa 3%, ajustado a un pH de 5.7. Las condiciones de cultivo fueron: 16 h de fotoperiodo con luz fluorescente (2000-2500 lux) y temperatura de 21°C.

Para la fase de emisión de raíces, última etapa de la multiplicación, se adicionó al medio de cultivo 3 g•L⁻¹ de carbón activado.

Producción en invernadero

Las plántulas propagadas *in vitro*, fueron transplantadas en camas de madera con sustrato estéril, compuesto por dos partes de arena y una de tierra vegetal (2:1), esterilizado a 90°C y a 4 atm de presión. Estas se extrajeron del medio sintético con ayuda de una pinza y con mucho cuidado se distribuyeron de forma espaciada en cinco hileras a una densidad de 50 plantas•m⁻², en hoyos de 3-4 cm de profundidad, cubriendo aproximadamente dos tercios de la plántula (2 a 3 nudos dentro del sustrato). Luego se presionó con firmeza el suelo alrededor de las plántulas con la finalidad de favorecer el contacto entre el suelo y la raíz.

tulas con la finalidad de favorecer el contacto entre el suelo y la raíz.

Durante las primeras dos semanas, se mantuvieron las camas cubiertas con malla semisombra (35 % de transparencia) con el objetivo de mantener el ambiente sombreado fresco y húmedo, evitando la deshidratación de las vitro plántulas y para que la adaptación a su nuevo medio sea favorable.

Para prevenir efectos de hongos de suelo como los géneros *Rhizoctonia*, *Fusarium*, etc. se realizó la aplicación de Fludioxonil + Metalaxil-M (Maxim®XL, Syngenta S.A.) al suelo antes de la siembra, de acuerdo a recomendaciones del fabricante. Se desarrolló una estrategia de control de enfermedades fungosas en follaje basada en aplicaciones periódicas de Clorotalonil (Bravonil®720, Syngenta S.A.), Mancozeb (Dithane®80 NT, Dow Agrosciences S.A.) y Mancozeb + Oxiclورو de cobre (Cobrethane®, Dow Agrosciences S.A.), de acuerdo a las indicaciones de los fabricantes. Para evitar la presencia de vectores al interior del invernadero se aplicó a la infraestructura, antes de la siembra, Lambda-cihalotrina (Karate Zeon®, Syngenta S.A.) de acuerdo a las especificaciones del fabricante y en adelante de forma regular cada 15 días, para mantener a las plántulas libres del ataque de insectos.

Las plantas se regaron todos los días hasta capacidad de campo durante la fase de aclimatación (primeros 14 días) y luego cada 48 h, hasta el momento de su defoliación, cuando se suprimió el riego.



La fertilización de macro nutrientes se realizó con un fertilizante de síntesis (Kelpak®, Compo Agro Ltda.) con un nivel de 150-150-150 a razón de 300 g aplicado en forma fraccionada: Una primera aplicación al momento del trasplante de 115 g y 185 g en el aporque. Para cubrir los requerimientos de micro nutrientes se realizaron aplicaciones foliares de Mn, Fe, Cu, Zn, B, Mo, MgO y S (Fetrilon® Combi 1, Compo GMBH & Co.). Finalmente se realizaron aplicaciones para promover el desarrollo del follaje, raíces y tuberización con K₂O + SiO₂ (AgriSil®K50, Plant Health Products Ltd.) y con una mezcla de péptidos y nucleótidos (PerfectDigest®FPI, Bluewave Marine Ingredients).

Para el control de calidad, se realizó una prueba de control de virus (PVX, PVY, PLRV, PVS, APMV, APLV y PVA), por medio del test de DAS-ELISA.

La defoliación se realizó cuando las plantas completaron su ciclo biológico (más de 50% del follaje amarillo). La cosecha se realizó a los 160 días de la siembra, aproximadamente 14 días después de la defoliación.

La clasificación de los tubérculos cosechados consistió en separar los tubérculos de acuerdo al tamaño establecido para su comercialización: >40 mm = calibre II, 30-40 mm = calibre III, 20-30 mm = calibre IV, 10-20 mm = calibre V y <10 mm = calibre VI, para ser pesados y contados por calibre. Finalmente los tubérculos fueron almacenados.

Diseño y Análisis Estadísticos

Las variables peso de tubérculos por tamaño y total fueron procesados con el modelo lineal general bajo la estructura del diseño completamente al azar. Esta estructura también se empleó para el número de tubérculos pero fue procesado con el modelo lineal generalizado bajo el supuesto de distribución de Poisson (Montgomery, 2003; SAS Institute Inc., 2013; Steel, Torrie and Dickey, 1997). El porcentaje total de tubérculos se obtuvo a partir de la fórmula.

$$\text{Tubérculos(\%)} = \frac{\text{No. de tubérculos obtenidos por calibre}}{\text{No. total de tubérculos por cama}} \times 100$$

A partir de este dato y del rendimiento se determinó el efecto de la variedad dentro de cada calibre. Para esto se utilizaron las pruebas de Wald y de χ^2 , separándose las medias mediante la prueba t de Tukey.

Resultados y Discusión

Limpieza viral de variedades

Como se observa en el Cuadro 2 los resultados obtenidos mediante la prueba DAS-ELISA fueron negativos para las variedades priorizadas y para los siete virus considerados.

Multiplicación de plántulas *in vitro* libres de virus

Una vez realizada la termoterapia, el cultivo de meristemos y la prueba DAS-ELISA se procedió a la multiplicación de las vitroplantas para

Cuadro 2. Resultados de la prueba DAS-ELISA para detección de 7 especies de virus en plantines provenientes de laboratorio sometidos a termoterapia y cultivo de meristemos (Lab) y en plantines provenientes de invernadero (Inv) de las cinco variedades nativas priorizadas para producción de semilla prebásica.

Variedad	PVX		PVY		PVS		PLRV		PVA		APMV		APLV	
	Lab	Inv	Lab	Inv	Lab	Inv	Lab	Inv	Lab	Inv	Lab	Inv	Lab	Inv
Laram Pala	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
Yana Imilla	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
Sani Imilla Negra	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
Azul Luki	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
Pinta Boca	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)

(-): Negativo

cubrir el requerimiento de 20 camas en invernadero de acuerdo a lo detallado en el Cuadro 3.

Variedad	No. de vitroplantas	No. de camas
Laram Pala	1015	5
Yana Imilla	1315	6
Sani Imilla Negra	1315	6
Azul Luki	450	2
Pinta Boca	235	1

Producción de semilla prebásica

De acuerdo a los resultados que se presentan en el Cuadro 4, se produjeron 321.7 Kg y 32 345 tubérculos de las cinco variedades, siendo la variedad Yana Imilla la que tuvo los rendimientos más altos tanto en peso (109.0 Kg) como en número de tubérculos (15 869).

Adicionalmente se observó que, del total producido en peso, el calibre III representó el mayor porcentaje (32.85%) y el calibre VI representó el menor (1.21%). Para el número de tubérculos por calibre, se obtuvo un mayor porcentaje en el calibre V (37.68%), seguido del calibre IV (29.07%).

Proporción de número de tubérculos por tamaño y por variedad

En la Figura 1 se muestra que, de las cinco variedades en estudio, las variedades Sani Imilla Negra y Pinta Boca fueron las que presentaron las proporciones en número de tubérculos de calibre II (15.3% y 8.1%, respectivamente). En lo que respecta al calibre III, la mayor proporción se observó en la variedad Azul Luki (28.7%) y la menor en Yana Imilla (10.2%). Las

variedades Laram Pala y Azul Luki presentaron una mayor proporción de número de tubérculos en el calibre IV (34.6% y 33.6%, respectivamente). En la variedad Laram Pala se observó una proporción en número de tubérculos del calibre V próxima al 50% y en la variedad Azul Luki una menor proporción en este calibre (32.2%). Asimismo, se muestra que la variedad Yana Imilla fue la única con tubérculos de calibre VI (21.5%).

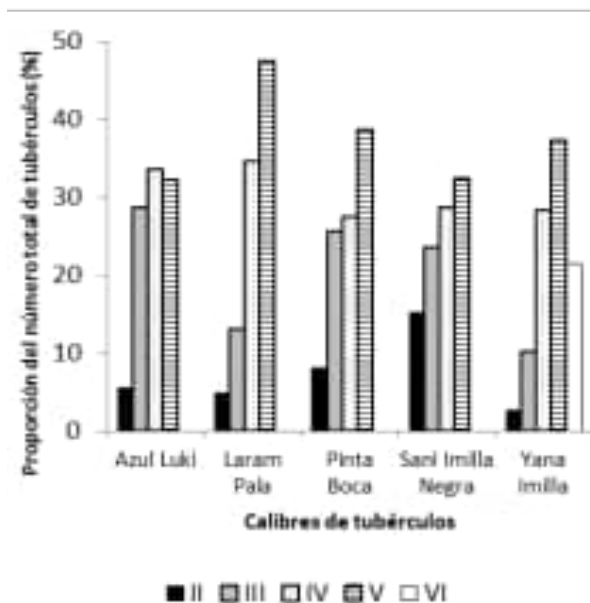


Figura 1. Proporción del número de tubérculos por calibre, según variedades nativas.

El análisis de la razón de probabilidad para la ocurrencia del número de tubérculos por tamaño mostró que existen diferencias significativas ($p < 0.0001$) entre las variedades en cuanto a la proporción del número de tubérculos.

Cuadro 4. Resumen de producción de semilla prebásica de las cinco variedades nativas, expresada en número de tubérculos y en peso en kilogramos, mostrada por variedad y calibre.

Variedad	II		III		IV		V		VI		Total	
	No.	Peso	No.	Peso	No.	Peso	No.	Peso	No.	Peso	No.	Peso
Laram Pala	162	7.4	435	9.4	1 147	11.5	1 571	4.3			3 315	32.6
Yana Imilla	421	14.5	1 618	31.1	4 500	40.5	5 920	19.0	3410	3.9	15 869	109.0
Sani Imilla Negra	716	39.8	1 107	28.1	1 351	16.0	1 521	4.7			4 695	88.6
Azul Luki	55	2.5	284	6.2	333	3.2	319	1.2			991	13.1
Pinta Boca	650	21.7	1 894	30.9	2 074	16.8	2 857	9.0			7 475	78.4
Total	2 004	85.9	5 338	105.7	9 405	88	12 188	38.2	3 410	3.9	32 345	321.7



Número promedio de tubérculos y número de tubérculos por unidad de superficie

Cuadro 5. Promedio del número de tubérculo según el calibre y según las variedades nativas.

Variedad	II	III	IV	V	VI
Laram Pala	27.0 c	72.5 c	191.2 b	261.8 b	0.0
Yana Imilla	23.3 cd	90.0 b	249.8 a	329.0 a	1 137.0
Sani Imilla Negra	47.8 a	73.8 c	89.8 d	101.4 d	0.0
Azul Luki	18.3 d	94.7 b	111.0 cd	106.3 d	0.0
Pinta Boca	35.8 b	113.0 a	121.0 c	170.0 c	0.0

Promedios indicados con la misma letra en cada columna no son significativamente diferentes ($p=0.05$) según las pruebas de mínimos cuadrados y χ^2 .

El número de tubérculos promedio para el calibre II fue mayor en la variedad Sani Imilla Negra (47.8). Para el calibre III, el máximo número promedio de tubérculos se obtuvo con la variedad Pinta Boca (113.0). La variedad Yana Imilla presentó el mayor número promedio de tubérculos para los calibres IV y V (249.8 y 329.0, respectivamente). En todos los casos se registraron diferencias significativas ($p=0.01$) entre variedades dentro de los calibres de tubérculos (Cuadro 5).

En cuanto al número de tubérculos por unidad de superficie (Figura 2), se puede observar que la variedad Yana Imilla fue la variedad con mayor productividad (881.5 tubérculos $\cdot$ m⁻²), seguida de la variedad Laram Pala (552.5 tubérculos $\cdot$ m⁻²). La variedad con menor productividad fue Azul Luki (330.3 tubérculos $\cdot$ m⁻²).

Peso de tubérculos por calibre y por unidad de superficie

Como se observa en el Cuadro 6, se evidenciaron diferencias significativas entre las variedades para el rendimiento promedio de tubérculos por unidad de superficie para todos los calibres excepto el III. En el calibre II se obtuvo el mayor rendimiento con la variedad Sani Imilla Negra (2.66 Kg $\cdot$ m⁻²). Para el calibre III, pese a no evidenciarse diferencias significativas, el mayor rendimiento se registró con la variedad Azul Luki (2.07 Kg $\cdot$ m⁻²). La variedad Yana

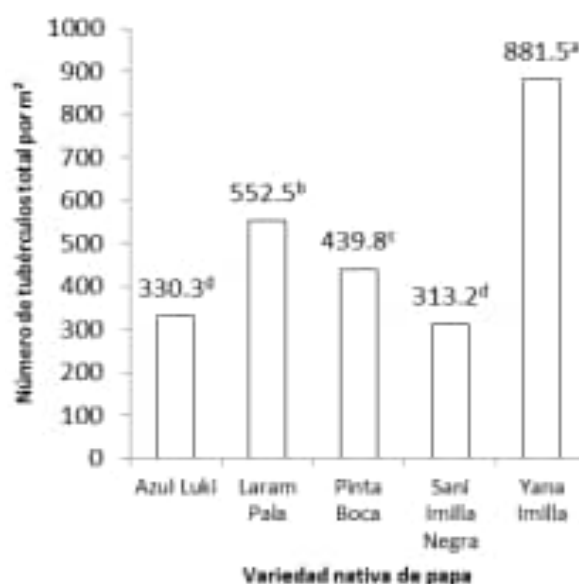


Figura 2. Número de tubérculos por unidad de superficie según variedades nativas. Promedios indicados con la misma letra no son significativamente diferentes ($p=0.05$) según las pruebas de mínimos cuadrados y χ^2 .

Imilla tuvo los mayores rendimientos para los calibres IV y V (1.06 Kg $\cdot$ m⁻² y 0.22 Kg $\cdot$ m⁻², respectivamente).

Cuadro 6. Rendimiento promedio de tubérculos (Kg $\cdot$ m⁻²) según el calibre y según las variedades nativas.

Variedad	II	III	IV	V	VI
Laram Pala	1.23 b	1.57 a	1.92 a	0.40 c	0.00
Yana Imilla	0.81 b	1.73 a	2.25 a	1.06 a	0.22
Sani Imilla Negra	2.66 a	1.87 a	1.07 b	0.31 c	0.00
Azul Luki	0.83 b	2.07 a	1.07 b	0.40 c	0.00
Pinta Boca	1.16 b	1.81 a	0.97 b	0.54 bc	0.00

Promedios indicados con la misma letra en cada columna no son significativamente diferentes ($p=0.05$) según las pruebas de mínimos cuadrados y t de Tukey.

En cuanto al rendimiento total de tubérculos por variedad (Figura 3) se observó que con la variedad Yana Imilla se obtuvo el rendimiento más alto (6.06 Kg $\cdot$ m⁻²), seguido por el de la variedad Sani Imilla Negra (5.91 Kg $\cdot$ m⁻²). El rendimiento más bajo se registró con la variedad Azul Luki (4.37 Kg $\cdot$ m⁻²).

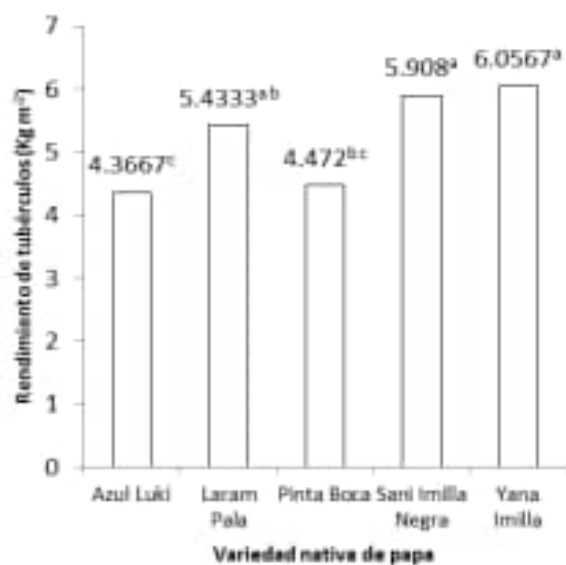


Figura 3. Rendimiento de tubérculos por unidad de superficie según variedades nativas. Promedios indicados con la misma letra no son significativamente diferentes ($p=0.05$) según las pruebas de mínimos cuadrados y t de Tukey.

Conclusiones

Las variedades (accesiones) provenientes del Banco de Germoplasma administrado por el INIAF, Laram Pala, Yana Imilla, Sani Imilla Negra, Azul Luki y Pinta Boca, fueron sometidas a termoterapia y cultivo de meristemos y fueron exitosamente liberadas de los virus PVX, PVY, PVS, PLRV, PVA, APMV y APLV.

Se produjeron 321.7 Kg y 32 345 tubérculos de semilla pre básica de las cinco variedades en los calibres II, III, IV, V y VI.

En experiencias anteriores con variedades de papas nativas se han reportado niveles de limpieza viral de hasta 95% utilizando termoterapia y cultivo de meristemos (Delgado et al., 2010). Es necesario mencionar que dichos niveles probablemente hayan sido superados en el presente trabajo, pero para hacer tal aseveración es necesario hacer un estudio sistemático de la metodología empleada. Como ejemplo se puede mencionar que el rendimiento obtenido por la variedad Sani Imilla Negra en el presente estudio (5,91 Kg•m⁻²) fue superior al reportado

previamente (0.8 Kg•m⁻²) bajo condiciones de camas protegidas en la E.E. Toralapa (Iriarte et al., 2001).

En lo que respecta a la infección natural por virus encontrada en cultivares nativos en el Perú (Bertschinger et al., 1990), se ha reportado que existe una mayor incidencia de PLRV y APLV en cultivares nativos (*Solanum goniocalyx*, *S. chaucha* y *S. tuberosum* ssp. *andigenum*). Estos datos indican que es necesario profundizar el presente trabajo haciendo una valoración de la incidencia viral antes y después de la limpieza viral y haciendo una comparación con variedades mejoradas bolivianas, existentes en el Banco de Germoplasma administrado por el INIAF. De esta manera, además de la limpieza viral se le estará dando un valor agregado al material genético conservado.

Agradecimientos

El presente trabajo fue parcialmente financiado por el Proyecto Coreano para la Agricultura Internacional (KOPIA) de la Agencia de Cooperación Internacional de Corea (KOICA). Se agradece profundamente dicha cooperación.

Referencias

- Aguirre, G; Baudoin, J.P; Leigue, L. 2010. Aplicación del cultivo de tejidos en la multiplicación y conservación de los recursos filogenéticos. Universidad Mayor de San Simón, Facultad de Ciencias Agrícolas, Pecuarias, Forestales y Veterinarias. Cochabamba, Bolivia.
- Bertschinger, L; Scheidegger, U; Luther, K; Pinillos, O; Hidalgo, A. 1990. La incidencia de virus de papa en cultivares nativos y mejorados en la Sierra Peruana. Revista Latinoamericana de la Papa. 3: 62-79.
- CIP. 2010. Facts and figures about potato. CIP. Lima, Perú.
- Delgado, C; Monteros, C; Benítez, J. 2010. Evaluación de tres sistemas de termoterapia y

cultivo de meristemas en cuatro variedades promisorias de papas nativas (*Solanum* spp.) para la erradicación de virus. En I Congreso Internacional de Investigación y Desarrollo de Papas Nativas: Memorias. INIAP. Quito, Ecuador.

Gabriel, J; Pereira, R; Gandarillas, A. 2011. Catálogo de nuevas variedades de papa en Bolivia. PROINPA. Cochabamba, Bolivia.

Hidalgo, O; Marca, J; Palomino, L. 1997. Producción de semilla prebásica y básica usando métodos de multiplicación acelerada. CIP. Lima, Perú.

Huaman, Z; Spooner, D.M. 2002. Reclassification of landrace populations of cultivated potatoes (*Solanum* sect. *Petota*). American Journal of Botany. 89(6): 947-965.

Iriarte, V; Badani, A.G; Villarroel, C.L; Aguirre, G; Fernández-Northcote, E.N. 2001. Priorización, limpieza viral, producción de semilla de calidad básica y devolución de cultivares nativos libres de virus. Revista Latinoamericana de la Papa. 12: 72-95.

Murashige, T; Skoog, F. 1962. A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. Physiologia plantarum, 15(3): 473-497.

Quiñones, Y; Izquierdo, H; Martínez, O; Alcántara, P; Rodríguez, E. 2004. Métodos alternativos para la producción de semilla prebásica de papa (*Solanum tuberosum* L.). Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Cuba. 35(3): 23-27.



Plan de implementación del sistema de manejo de información de los Recursos Genéticos administrados por el INIAF-Bolivia

Edwin Edgar Iquize Villca^{1*}

¹Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal, Av. Blanco Galindo Km 5.5, Casilla 832

*Autor para correspondencia: Iquize@hotmail.com

Resumen

En el año 2010, la Fundación PROINPA, el Centro de Investigaciones Fitoecogenéticas de Pairumani, la Universidad Técnica de Oruro (UTO) y la Universidad Mayor de San Simón (UMSS) transfirieron al Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF) la administración de los Recursos Genéticos del país, y con ello información en bases de datos (en formatos MS Excel© y MS Access©). En ese sentido, el INIAF, con el objetivo de continuar la conservación de los Recursos Genéticos, requiere implementar un sistema de manejo de información. A partir de una revisión bibliográfica y experiencias previas sobre el manejo de Bancos de Germoplasma, lineamientos y requerimientos de INIAF, se generó un plan a través de un flujo, donde la base de datos *per se* debe facilitar información resumida que permita tomar decisiones de actividades para el manejo de los Recursos Genéticos administrados por INIAF. El flujo contiene áreas de Conservación, Documentación, Promoción del Uso e Investigación, dentro de las cuales se tiene otras actividades y con ello una serie de variables, todas ellas relacionadas a través del Código de la Acceso de cada Banco de Germoplasma. Para ejemplificar este flujo, se utilizó el programa Microsoft Excel© con el fin de visualizar las relaciones de actividades y variables circunscritas con la codificación de las Acciones para el uso de los Responsables de los Bancos de Germoplasma.

Palabras clave: Manejo de Bancos de Germoplasma, Recursos Genéticos, Conservación.

Abstract

In 2010, Foundation PROINPA, Pairumani Plant Ecogenetic Research Center, Oruro Technical University (UTO) and Major San Simon University (UMSS) transferred to the National Institute of Agriculture and Forestry Innovation (INIAF) the management of the Genetic Resources of the country, and along with that information in databases (in MS Excel© and MS Access© formats). In that sense, in order to continue to conserve Genetic Resources, INIAF requires to implement an information management system. From literature reviews, previous experiences on the management of germplasm banks, and INIAF's guidelines and requirements, a plan was generated through a flow, where the database *per se* should provide summary information to help make decisions on activities necessary for the management of Genetic Resources by INIAF. The flow contains areas of Conservation, Documentation, Use Promotion, and Research. Within these, are contained other activities and thus a number of variables, all related through the Accession Code for each Germplasm Bank. In order to exemplify this flow, Microsoft Excel© was used, in order to visualize activity relationships and variables therein, using the codification of the accessions, for the use of the personnel responsible of every Germplasm Bank.

Keywords: Germplasm Bank management, Genetic Resources, Conservation.



Introducción

En el marco del Decreto Supremo 29611, el INIAF “es la autoridad competente y rectora del Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (SNIAF), que tiene los roles de generar tecnologías, establecer lineamientos y gestionar las políticas públicas de innovación agropecuaria y forestal, con la finalidad de contribuir a la seguridad y soberanía alimentaria, en el marco del diálogo de saberes, la participación social, y la gestión de los recursos genéticos de la agrobiodiversidad como patrimonio del Estado”. Todo lo mencionado está orientado al aporte en el logro de los objetivos del Plan Nacional de Desarrollo “Bolivia Digna, Soberana, Productiva y Democrática para vivir bien” (INIAF, 2010).

En ese sentido, uno de los objetivos del INIAF es el “Asegurar la conservación y disponibilidad de los recursos genéticos de la agro biodiversidad, en las diferentes eco-regiones, como fuente de variabilidad genética y contrarrestar la erosión genética”.

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

- Tubérculos y raíces
- Granos altoandinos
- Especies forestales (maderables y no maderables, alimenticias e industriales)
- Frutales (nativos e introducidos)
- Cereales y leguminosas (nativos e introducidos)
- Ganado (camélido, bovino, ovino, porcino, caprino, etc.)

El INIAF, a diciembre de 2012, tiene la administración *ex situ* de los Recursos Genéticos de Tubérculos y Raíces, Granos Altoandinos, Cereales y Leguminosas y Especies Forestales, con inventarios de diferente magnitud de accesiones y especies. Así mismo la información técnica de estos Recursos Genéticos no es uniforme debido a que las instituciones que previamente los administraban manejaron distintos procedimientos y financiamientos. Por tanto, amerita que se trabaje en un único Sistema de Gestión de Recursos Genéticos en Bolivia.

Se ha reportado a nivel mundial sobre la importancia de la Gestión de los Recursos Genéticos a fin de preservar la biodiversidad en provecho de la humanidad y del ambiente. El Estado Plurinacional de Bolivia también sostiene este criterio a través de la Constitución Política y el rol de INIAF.

Estos antecedentes promueven el objetivo general de generar el Plan de Implementación del Sistema de Manejo de Información de los Recursos Genéticos administrados por el INIAF en Bolivia

Materiales y Métodos

Experiencias sobre el manejo de Bancos de Germoplasma

Se revisaron los lineamientos internacionales sobre el manejo eficaz de un banco de germoplasma (Engels y Visser, 2007), además de las experiencias reportadas por los anteriores administradores de los Bancos de Germoplasma de Bolivia (PROINPA, 2010; Centro de Investigaciones Fitoecogenéticas de Pairumani, 2008) y experiencias de otros países. Adicionalmente se consideraron las actividades realizadas en el INIAF hasta septiembre de 2013, en las que se registraron experiencias sobre el manejo y conservación de los Bancos de Germoplasma en la Estación Experimental de Toralapa (E.E. Toralapa).

Estructura de las bases de datos entregadas a INIAF

Las características de las bases de datos entregadas a INIAF fueron revisadas a partir de los

Cuadro 1. Relación de recursos genéticos por Bancos de Germoplasma y especies.

Bancos de germoplasma	Especies	Cantidad de Archivos	Formato	Último acceso
Tubérculos y raíces	Papa, Oca, Papalisa, Isaño, Arracacha, Achira, Ajipa, Yacón, Maca y Walusa	2	MS Access©a	17-dic-12
Granos altoandinos	Amaranto, Atriplex, Cañahua, Cauchi, Paico y Quinoa	20	MS Excel©b	jul-2010
Especies forestales	Maderables y no maderables, alimenticios e industriales	1	MS Excel©c	11-dic-12
Cereales y leguminosas	Trigo, Maíz, Arveja, Haba, Tarwi, Frijol, Mani,	18	MS Excel©d	feb-2011
Hortalizas	Ají (Género Capsicum) y Cucurbitas (Familia Cucurbitaceae)	4	MS Excel©d	feb-2011
Responsables de los Bancos: a Edson Foronda, b Carolina Alanoca, c Ariel Antelo y d Juan Vicente				

archivos facilitados por los Responsables de cada Banco de Germoplasma en fecha 17 de diciembre de 2010, describiéndose su estado en el Cuadro 1.

Propuesta del sistema de gestión de Recursos Genéticos administrados por INIAF

Se planteó la propuesta en base a un esquema o flujo de actividades componentes de la gestión de los Recursos Genéticos administrados por INIAF. Dicha propuesta se elaboró de tal manera que pueda ser visualizada en Microsoft Excel© o Microsoft Access©.

Resultados y Discusión

El Consejo Internacional de Recursos Filogenéticos (IBPGR), en 1993, propuso que la organización de las actividades de un Banco de Germoplasma debía considerarse bajo la modalidad mostrada en la Figura 1 (Painting et al., 1993).

El CIMMYT presentó un flujo de las operaciones en el Banco de Germoplasma (Figura 2) que

además incluye resguardos (duplicados de seguridad) en otros Bancos, tales como el NCGRP en Fort Collins, Colorado, Estados Unidos e ICARDA en Siria.

El Centro de Recursos Genéticos de Holanda tiene un flujo de las actividades del Banco de Germoplasma (Figura 3) en el cual se incluye el manejo de información (Engels y Visser, 2007).

Adicionalmente existen ya definidos flujos para el manejo de semillas en Bancos de Germoplasma (Rao et al. 2007).

Aspectos generales en el manejo de Bancos de Germoplasma en Bolivia

En la Estación Experimental de Toralapa (E.E. Toralapa) se encuentra el Banco de Germoplasma de Tubérculos y Raíces Andinas administrado por el INIAF. En cada gestión se realizan las actividades de siembra, manejo del cultivo, cosecha, poscosecha, almacenaje de tubérculos y selección de semilla (Figura 4). Estas actividades también se realizan en inver-

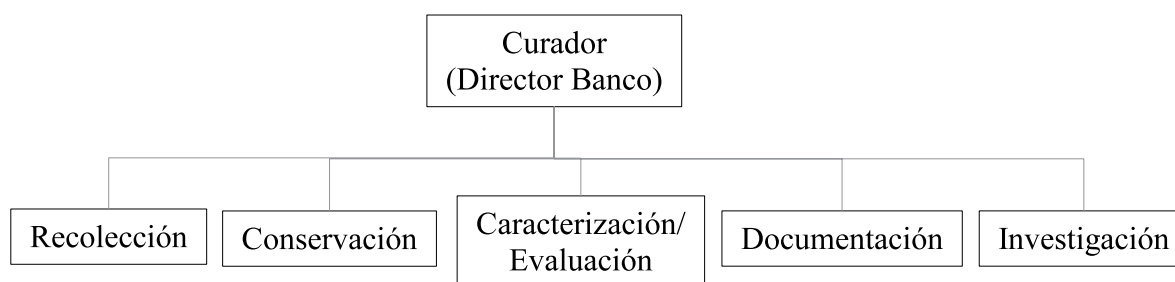


Figura 1. Organización de las actividades de un banco de germoplasma, según la recomendación de Painting et al. (1993).

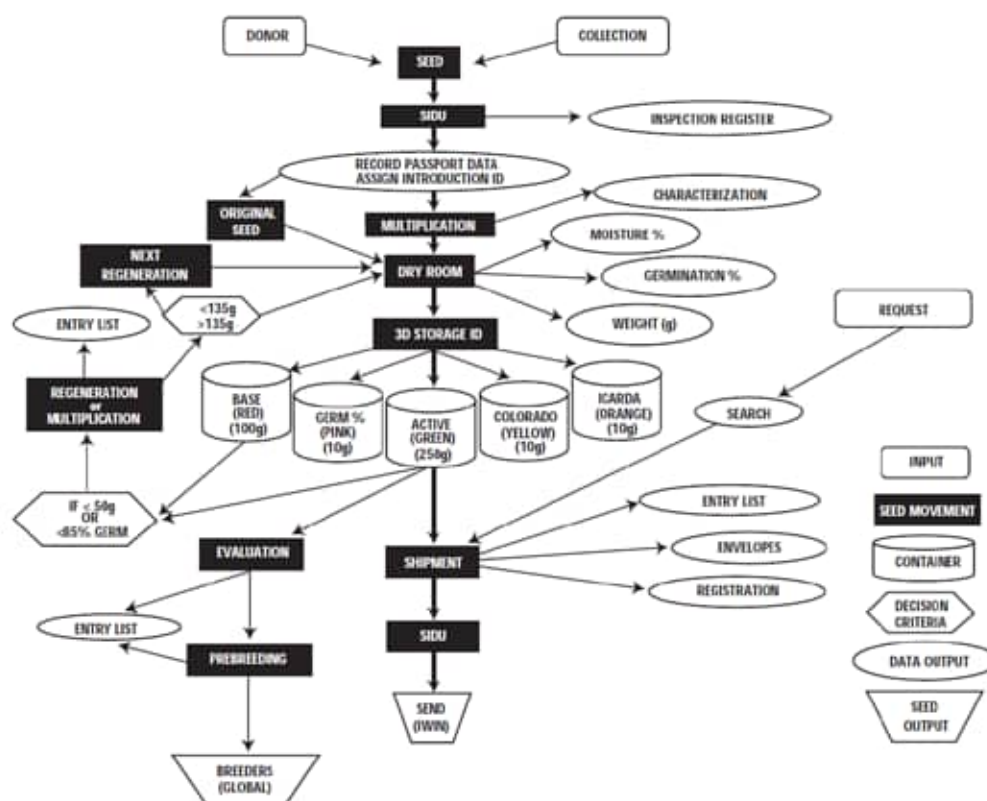


Figura 2. Operaciones del banco de germoplasma de trigo en CIMMYT (Taba et al., 2004). Obsérvese que el registro de datos es transversal al movimiento de las semillas.

nadero. En el laboratorio de cultivo de tejidos *in vitro* también se realizan una serie de pasos para la conservación. Así mismo, todas las actividades de campo, invernadero y laboratorio de cultivo de tejidos *in vitro* tienen relación bajo la codificación de la accesión por lo cual el uso de los datos en diferentes fases o actividades son registradas en planillas electrónicas en formato MS Access© y MS Excel©.

En el Banco de Germoplasma de Granos Altoandinos, las accesiones se manejan en base a información sobre la viabilidad e inventario de las semillas. A partir de esos datos se realiza el refrescamiento en forma periódica. En ese sentido, el refrescamiento incluye actividades como la siembra, manejo del cultivo, cosecha, poscosecha y análisis de pureza de las semillas

(Figura 5). Las accesiones con bajos niveles de viabilidad porcentaje de germinación se someten al proceso de refrescamiento en invernadero, con la posibilidad de trabajar en laboratorio de cultivo de tejidos *in vitro*.

Al igual que en el Banco de Germoplasma de Tubérculos y Raíces Andinas, todas las actividades tienen relación bajo la codificación de la accesión por lo cual el uso de los datos en diferentes fases o actividades son registradas en planillas electrónicas en MS Excel©.

Tanto la Fundación PROINPA como Centro de Investigaciones Fitoeconómicas de Pairumani realizaron varias de estas actividades con particularidades inherentes a cada institución (PROINPA, 2010; Centro de Investigaciones Fitoeconómicas de Pairumani, 2008).



Figura 3. Diagrama de flujo que muestra el proceso básico de las actividades del Banco de Germoplasma del Centre for Genetic Resources (CGN) de Holanda (Engels y Visser, 2007).

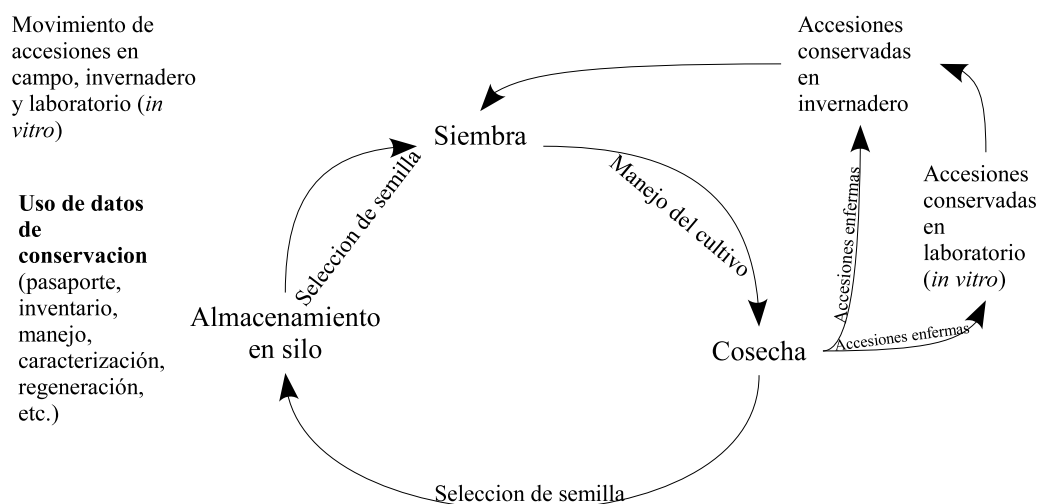


Figura 4. Actividades o movimiento de accesiones en el Banco de Tubérculos y Raíces Andinas administrado por el INIAF, en cada gestión agrícola.



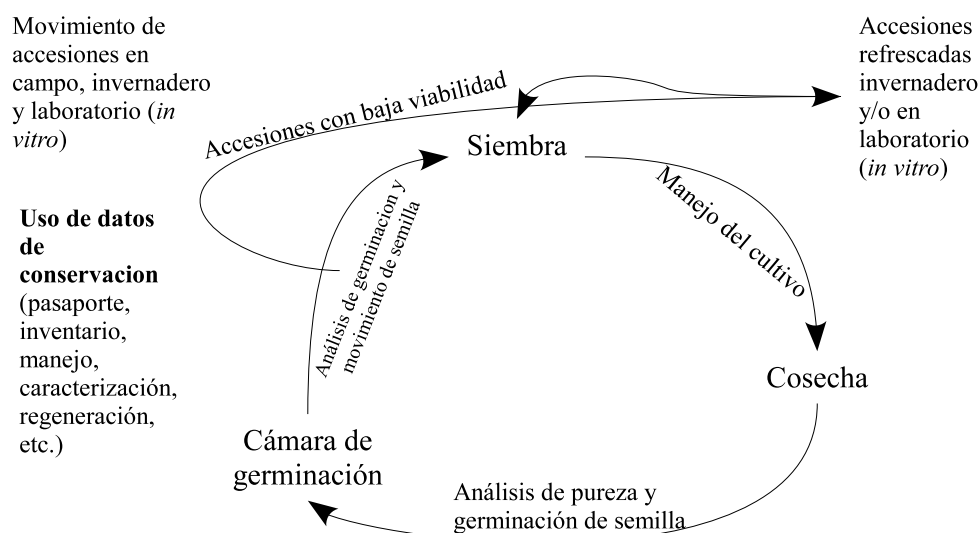


Figura 5. Actividades o movimiento de accesiones en el Banco de Granos Altoandinos según la viabilidad y la disponibilidad de semilla.

Programas informáticos para la gestión de Recursos Genéticos

En el manejo de Bancos de Germoplasma existen una serie de actividades con secuencias dinámicas, documentadas y difundidas a usuarios y es por esa razón que los diferentes Bancos de Germoplasma utilizan sistemas informáticos. Así, en los países miembros de PROCITROPICOS se utilizan: En Bolivia SIRGEN, MS Excel© y MS Acces©; en Colombia Bases de Datos de Bancos Digitales de Germoplasma (en la página web de CORPOICA); en Ecuador MS Excel© y otros programas; en Perú el Sistema de Gestión de Información del Banco de Germoplasma de la SUDIRGER (en plataforma web); en Venezuela FoxPro©, dBASE© y MS Excel©; en Brasil SIBRARGEN; y en Argentina DBGermo

(PROCITROPICOS/IICA, 2010; Tilleria, 2006 citado por SOFAG e INIAF, 2010).

El Sistema Alelo, en Brasil, es una evolución del Sistema Brasileiro de Informação em Recursos Genéticos (SIBRAGEN). Este sistema está siendo perfeccionado para que pueda manejar, de forma integrada, todas las infor-

maciones contenidas en los diversos bancos de datos usados por varios centros de investigación de Embrapa. Este trabajo está hecho de forma participativa, con el levantamiento de requisitos y reuniones de equipos, presenciales y por videoconferencia, para la discusión y validación (Adriana Delfino dos Santos citada por Cláudio Bezerra, 2011).

Estructura de las bases de datos entregados a INIAF.

Las características generales de las bases de datos de los Bancos de Germoplasma administrados por el INIAF se muestran en el Cuadro 2. En la mayoría de los casos, la información está disponible en una matriz de dos entradas. En columnas se ubican las variables y en filas las accesiones (Figura 6 y Figura 7).

La base de datos del Banco de Germoplasma de Tubérculos y Raíces Andinas, en formato MS Access©, presenta un menú inicial solo para la introducción de datos y reportes de actividades en laboratorio (*in vitro*) y siembra en campo. Por otra parte, posee 86 tablas, 90 consultas, 9 formularios, 30 informes o reportes y 5 macros,

Cuadro 2. Característica de las bases de datos de los Bancos de Germoplasma

Bancos de germoplasma	Programa	Estructura	Organización	Información disponible
Tubérculos y raíces	Access	Base de datos	Conjunto de matrices de tablas, consultas y reportes sin un índice general.	Pasaporte, caracterización, datos de campo, in vitro, invernadero, taxonomía, etc.
Granos altoandinos	Excel	Simple	Matriz de dos entradas	Pasaporte, inventario y caracterización (parcial)
Especies forestales	Excel	Simple	Matriz de dos entradas	Pasaporte, inventario y caracterización
Cereales y leguminosas	Excel	Simple	Matriz de dos entradas	Pasaporte, inventario y caracterización (parcial)
Hortalizas	Excel	Simple	Matriz de dos entradas	Pasaporte, inventario y caracterización

Figura 6. Matriz de doble entrada con datos de pasaporte del Banco de Germoplasma de amaranto (*Amaranthus caudatus* L.) en formato MS Excel©.

Figura 7. Matriz de doble entrada con datos de caracterización del Banco de Germoplasma de arveja (*Pisum sativum* L.) en formato MS Excel©.



The screenshot displays the Microsoft Access database interface for the INIAF Germoplasma Bank. The main window shows a list of accessions with columns for ID, name, and date. A secondary window titled 'Libros de Campo' (Field Books) is open, showing a detailed view of an accession. This view includes fields for 'Conservación in vitro' (In vitro conservation), 'Reportes in vitro' (In vitro reports), and 'Libros de Campo' (Field books). The 'Libros de Campo' section contains a table with columns for 'Código' (Code), 'Localidad' (Location), 'Elevación' (Elevation), 'Latitud' (Latitude), and 'Longitud' (Longitude). The table lists various accessions with their corresponding data.

Código	Localidad	Elevación	Latitud	Longitud
1001	3 VILAS TURIS	1000	-17.55	-68.5000
1002	1 P-GU	1000	-17.55	-68.5000
1003	1 VILAS BLANCA	1000	-17.55	-68.5000
1004	1 VILAS BLANCA	1000	-17.55	-68.5000
1005	1 VILAS BLANCA	1000	-17.55	-68.5000
1006	1 VILAS BLANCA	1000	-17.55	-68.5000
1007	1 VILAS BLANCA	1000	-17.55	-68.5000
1008	1 VILAS BLANCA	1000	-17.55	-68.5000
1009	1 VILAS BLANCA	1000	-17.55	-68.5000
1010	1 VILAS BLANCA	1000	-17.55	-68.5000
1011	1 VILAS BLANCA	1000	-17.55	-68.5000
1012	1 VILAS BLANCA	1000	-17.55	-68.5000
1013	1 VILAS BLANCA	1000	-17.55	-68.5000
1014	1 VILAS BLANCA	1000	-17.55	-68.5000
1015	1 VILAS BLANCA	1000	-17.55	-68.5000
1016	1 VILAS BLANCA	1000	-17.55	-68.5000
1017	1 VILAS BLANCA	1000	-17.55	-68.5000
1018	1 VILAS BLANCA	1000	-17.55	-68.5000
1019	1 VILAS BLANCA	1000	-17.55	-68.5000
1020	1 VILAS BLANCA	1000	-17.55	-68.5000
1021	1 VILAS BLANCA	1000	-17.55	-68.5000
1022	1 VILAS BLANCA	1000	-17.55	-68.5000
1023	1 VILAS BLANCA	1000	-17.55	-68.5000
1024	1 VILAS BLANCA	1000	-17.55	-68.5000
1025	1 VILAS BLANCA	1000	-17.55	-68.5000
1026	1 VILAS BLANCA	1000	-17.55	-68.5000
1027	1 VILAS BLANCA	1000	-17.55	-68.5000
1028	1 VILAS BLANCA	1000	-17.55	-68.5000
1029	1 VILAS BLANCA	1000	-17.55	-68.5000
1030	1 VILAS BLANCA	1000	-17.55	-68.5000
1031	1 VILAS BLANCA	1000	-17.55	-68.5000
1032	1 VILAS BLANCA	1000	-17.55	-68.5000
1033	1 VILAS BLANCA	1000	-17.55	-68.5000
1034	1 VILAS BLANCA	1000	-17.55	-68.5000
1035	1 VILAS BLANCA	1000	-17.55	-68.5000
1036	1 VILAS BLANCA	1000	-17.55	-68.5000
1037	1 VILAS BLANCA	1000	-17.55	-68.5000
1038	1 VILAS BLANCA	1000	-17.55	-68.5000
1039	1 VILAS BLANCA	1000	-17.55	-68.5000
1040	1 VILAS BLANCA	1000	-17.55	-68.5000
1041	1 VILAS BLANCA	1000	-17.55	-68.5000
1042	1 VILAS BLANCA	1000	-17.55	-68.5000
1043	1 VILAS BLANCA	1000	-17.55	-68.5000
1044	1 VILAS BLANCA	1000	-17.55	-68.5000
1045	1 VILAS BLANCA	1000	-17.55	-68.5000
1046	1 VILAS BLANCA	1000	-17.55	-68.5000
1047	1 VILAS BLANCA	1000	-17.55	-68.5000
1048	1 VILAS BLANCA	1000	-17.55	-68.5000
1049	1 VILAS BLANCA	1000	-17.55	-68.5000
1050	1 VILAS BLANCA	1000	-17.55	-68.5000
1051	1 VILAS BLANCA	1000	-17.55	-68.5000
1052	1 VILAS BLANCA	1000	-17.55	-68.5000
1053	1 VILAS BLANCA	1000	-17.55	-68.5000
1054	1 VILAS BLANCA	1000	-17.55	-68.5000
1055	1 VILAS BLANCA	1000	-17.55	-68.5000
1056	1 VILAS BLANCA	1000	-17.55	-68.5000
1057	1 VILAS BLANCA	1000	-17.55	-68.5000
1058	1 VILAS BLANCA	1000	-17.55	-68.5000
1059	1 VILAS BLANCA	1000	-17.55	-68.5000
1060	1 VILAS BLANCA	1000	-17.55	-68.5000
1061	1 VILAS BLANCA	1000	-17.55	-68.5000
1062	1 VILAS BLANCA	1000	-17.55	-68.5000
1063	1 VILAS BLANCA	1000	-17.55	-68.5000
1064	1 VILAS BLANCA	1000	-17.55	-68.5000
1065	1 VILAS BLANCA	1000	-17.55	-68.5000
1066	1 VILAS BLANCA	1000	-17.55	-68.5000
1067	1 VILAS BLANCA	1000	-17.55	-68.5000
1068	1 VILAS BLANCA	1000	-17.55	-68.5000
1069	1 VILAS BLANCA	1000	-17.55	-68.5000
1070	1 VILAS BLANCA	1000	-17.55	-68.5000
1071	1 VILAS BLANCA	1000	-17.55	-68.5000
1072	1 VILAS BLANCA	1000	-17.55	-68.5000
1073	1 VILAS BLANCA	1000	-17.55	-68.5000
1074	1 VILAS BLANCA	1000	-17.55	-68.5000
1075	1 VILAS BLANCA	1000	-17.55	-68.5000
1076	1 VILAS BLANCA	1000	-17.55	-68.5000
1077	1 VILAS BLANCA	1000	-17.55	-68.5000
1078	1 VILAS BLANCA	1000	-17.55	-68.5000
1079	1 VILAS BLANCA	1000	-17.55	-68.5000
1080	1 VILAS BLANCA	1000	-17.55	-68.5000
1081	1 VILAS BLANCA	1000	-17.55	-68.5000
1082	1 VILAS BLANCA	1000	-17.55	-68.5000
1083	1 VILAS BLANCA	1000	-17.55	-68.5000
1084	1 VILAS BLANCA	1000	-17.55	-68.5000
1085	1 VILAS BLANCA	1000	-17.55	-68.5000
1086	1 VILAS BLANCA	1000	-17.55	-68.5000
1087	1 VILAS BLANCA	1000	-17.55	-68.5000
1088	1 VILAS BLANCA	1000	-17.55	-68.5000
1089	1 VILAS BLANCA	1000	-17.55	-68.5000
1090	1 VILAS BLANCA	1000	-17.55	-68.5000
1091	1 VILAS BLANCA	1000	-17.55	-68.5000
1092	1 VILAS BLANCA	1000	-17.55	-68.5000
1093	1 VILAS BLANCA	1000	-17.55	-68.5000
1094	1 VILAS BLANCA	1000	-17.55	-68.5000
1095	1 VILAS BLANCA	1000	-17.55	-68.5000
1096	1 VILAS BLANCA	1000	-17.55	-68.5000
1097	1 VILAS BLANCA	1000	-17.55	-68.5000
1098	1 VILAS BLANCA	1000	-17.55	-68.5000
1099	1 VILAS BLANCA	1000	-17.55	-68.5000
1100	1 VILAS BLANCA	1000	-17.55	-68.5000

Figura 8. Base de datos del Banco de Germoplasma Tubérculos y Raíces Andinas en formato MS Access©. También se visualiza la matriz de datos de pasaporte y caracterización.

los mismos que en su mayoría no están bajo un índice (Figura 8).

Lineamiento sobre la gestión Nacional de Recursos Genéticos del INIAF

El INIAF-Bolivia plantea una sistematización considerando la conservación *in situ* y *ex situ* con la salvedad de generar una relación de trabajo con varios actores, promover una mayor fluidez de la información sobre las accesiones (pasaporte, caracterización y evaluación, conservación, uso y distribución) con fines de mejoramiento genético (Figura 9). Nótese, el sistema de Banco Base implica infraestructura que alberga semillas bajo temperaturas inferiores a 10° C y por mucho tiempo; referente al Banco Activo implica también infraestructura y disponibilidad de terreno para la multiplicación o regeneración de las semillas; sobre los Bancos de trabajo se visualiza las actividades de caracterización y premejoramiento; todo ello implica un flujo de actividades bajo protocolos y generación de datos.

Propuesta sobre el Sistema de Gestión de Recursos Genéticos administrados por el INIAF

La propuesta que se muestra en la Figura 10 se elaboró en base a la información de experiencias en Bolivia, otros países y en base a lineamientos del INIAF para la gestión o de los Bancos de Germoplasma administrados por esta institución.

El flujo considera actividades por especie o colección con cuatro pilares o áreas (Conservación, Documentación, Promoción del Uso e Investigación). Cada una de ellas presenta una serie de actividades y con ellas una serie de variables, todas ellas relacionadas por el código de la Accesoión. La Base de Datos (Documentación) tiene gran relevancia debido a su transversalidad respecto a las áreas de Conservación, Promoción del Uso e Investigación.

La base de datos además de generar información resumida (estadística descriptiva e inferen-

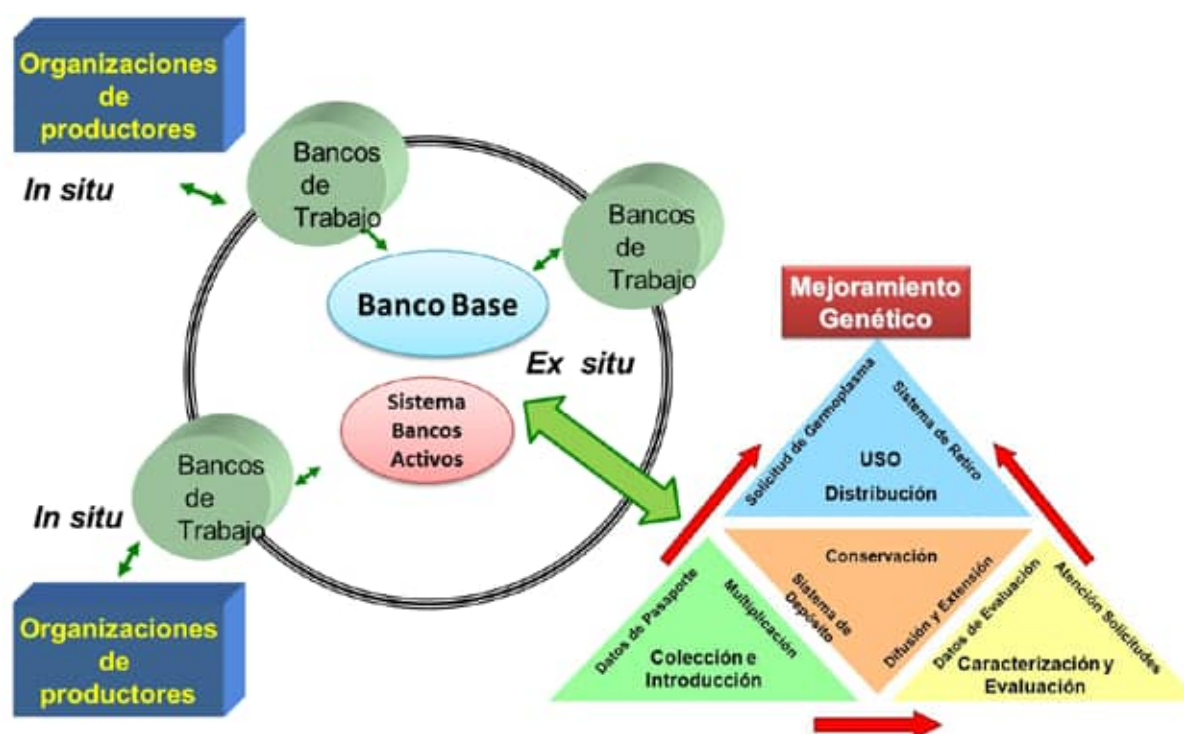


Figura 9. Esquema de la gestión del sistema nacional de recursos genéticos.

cial) debe permitir al Responsable o Curador del Banco tomar decisiones referidas a actividades. Por ejemplo, si en la base de datos existen accesiones con menor cantidad de semillas, la base de datos deberá dar la información a través de cuadros resumidos de estadística simple. El Responsable tendrá que decidir el refrescamiento u otra actividad que le permita asegurar la conservación de dichas accesiones.

El flujo mostrado en la Figura 10 fue plasmado en formato MS Excel© a fin de visualizar los datos y la información pertinente para la toma de decisiones por parte del Responsable en el manejo del Banco de Germoplasma.

En la Figura 11, se expone un menú principal con las actividades centrales de *Conservación*, *Documentación*, *Promoción del Uso* e *Investigación*. Al ingresar a la opción de *Conservación* se visualiza un menú que contiene enlaces a datos de *Pasaporte*, *Inventario*, *Caracterización y Manejo de Semillas*. En la parte superior derecha de la hoja se presentan enlaces para al

acceso a *Inicio*, *Promoción del Uso*, *Documentación* e *Investigación*. Al acceder al enlace de *Pasaporte*, se observa otro índice que contiene acceso a *datos de pasaporte* y *estadísticas descriptivas*. En *datos de pasaporte* se observa los datos organizados en una matriz de doble entrada, donde en las columnas se exponen las variables y en las filas las accesiones. En el menú de *estadística descriptiva* existen varias consultas con las que pueden observarse cuadros, en algunos casos acompañados de figuras. En la figura se tienen salidas al número de *accesiones* existentes por variable de pasaporte, además de la *frecuencia de accesiones* de por país y departamento.

La información dispuesta de esta manera facilita realizar consultas para la toma de decisiones en base a los informes resumidos (estadística descriptiva). Por ejemplo, dentro del menú *Conservación e Inventario*, al acceder a la base de datos con el contenido de semilla y porcentaje de germinación, se obtiene la cantidad de accesiones con porcentajes menores a un determi-



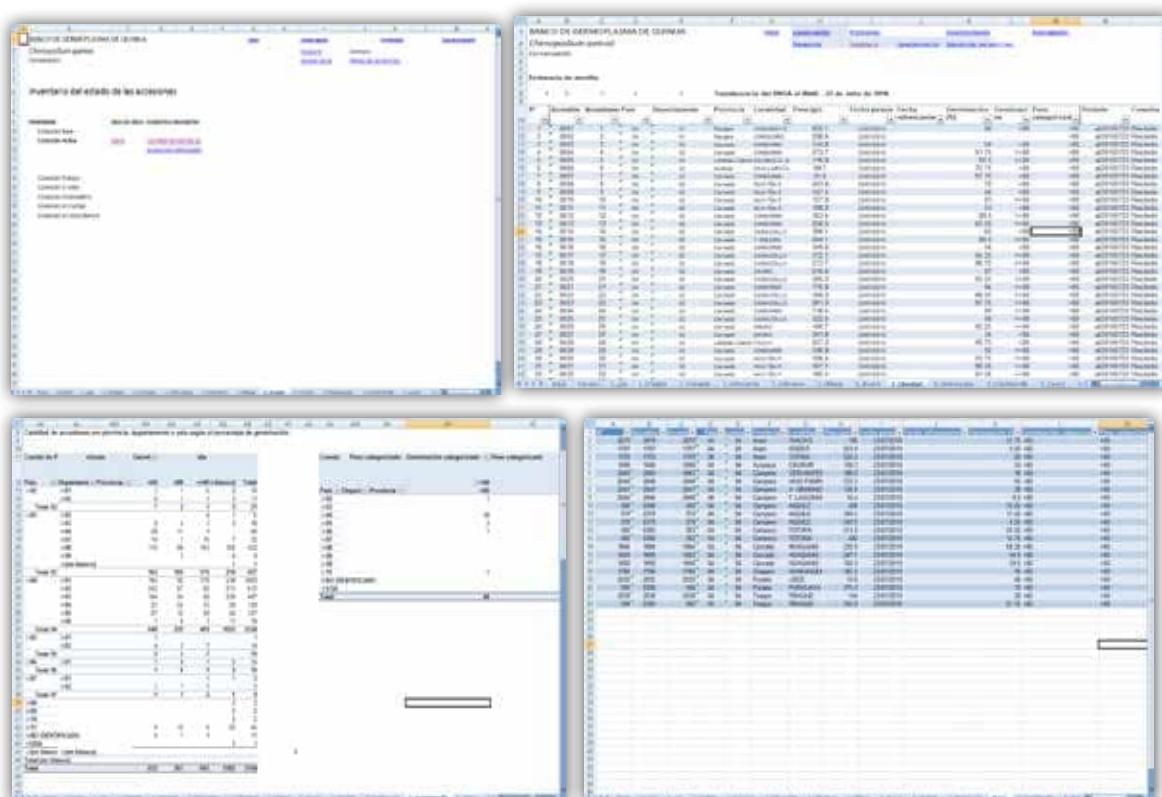


Figura 12. Consulta realizada en la Base de Datos del Banco de Germoplasma de Quinua, solicitando información de inventario y selección de accesiones de Cochabamba (04) - Bolivia (04) con porcentajes de germinación menores a 60% en formato MS Excel©.

nado porcentaje de germinación. En la Figura 12 se muestra una consulta donde se seleccionó las accesiones de Bolivia (04), Cochabamba (04), con porcentajes de germinación menores a 60% y al realizar la consulta se obtuvo la lista de accesiones seleccionadas. Según el interés del Responsable del Banco, el flujo de la Base de Datos debe dar insumos a este para que se puedan priorizar accesiones y tomar decisiones en la conservación o manejo de las mismas.

Agradecimientos

El presente trabajo fue financiado parcialmente con fondos del Banco Mundial a través del Proyecto de Innovación y Servicios Agrícolas (PISA) del INIAF. Dicho apoyo se agradece

enormemente. La información respecto a los flujos y actividades en los Bancos de Germoplasma administrados por el INIAF fue amablemente proporcionada por los Responsables de cada Banco: Carolina Alanoca, Juan José Vicente, Edson Foronda, Carol Rocabado, Lisett Vaca, Rosario Lucero, Enrique Patzi, Ariel Antelo, Víctor García, Ana María Flores y Víctor Guzmán. Se agradece su desinteresada colaboración.

Referencias

Bezerra, C. 2011. Sistema informatizado vai facilitar pesquisas em recursos genéticos. Agrinforma, Jornal da Embrapa Informática Agropecuária 43. Campinas SP, Brasil.

Centro de Investigaciones Fitoecogenéticas de Pairumani. 2008. Informe final de subproyectos del componente Banco de Germoplasma de Pairumani. Fundación Patiño, Ministerio de Desarrollo Rural Agropecuario y Medio Ambiente, Cochabamba, Bolivia.

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

PROINPA. 2010. Manejo, Conservación y Uso Sostenible de Tubérculos y Raíces Andinas. Informe de Avance 1 Enero – 30 Marzo 2010. Período del proyecto Enero – Junio 2010. Fundación PROINPA, Subsistema de Tubérculos y Raíces Andinas, Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal, Viceministerio de Desarrollo Rural y Agropecuario, Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras. Cochabamba, Bolivia.

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

Painting, K; Perry, M; Denning, R; Ayad, W. 1993. Guía para la Documentación de Recursos Genéticos. Traducido por Adriana Alercia. Consejo Internacional de Recursos Fitogenéticos IBPGR, Roma, Italia.

PROCITROPICOS/IICA. 2010. Recursos Fitogenéticos en los Trópicos Suramericanos. Programa Cooperación de Investigación, Desarrollo e Innovación agrícola para los Trópicos Suramericanos - IICA. Brasilia DF, Brasil

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

SOFAG e INIAF. 2010. Sistema de Información Nacional de los Recursos Genéticos para la Agricultura y a la Alimentación, Parientes Silvestres. Informe Final v.2. Consultora SOFAG, INIAF. La Paz, Bolivia.

Taba, S; Van Ginkel, M; Hoisington, D; Poland, D. 2004. Wellhausen-Anderson Plant Genetic Resources Center: Operations Manual, 2004. CIMMYT. El Batán, Mexico.



Conservación de poblaciones nativas de cuyes

Elizabeth Rico Numbela^{1*}, Claudia Rivas Valencia¹

¹Centro MEJOCUY, Universidad Mayor de San Simón, Carretera Petrolera Km 4.5, Cochabamba, Bolivia

*Autor para correspondencia: mejocuy@hotmail.com

Resumen

El cuy como especie menor se adapta muy bien a sistemas productivos minifundistas y constituye una fuente de provisión de alimento, en particular de proteína y de ingresos para las familias que producen, razón por la cual la conservación y el manejo sostenible se orientan a mejorar los medios de vida del productor. El estado boliviano a través de la Universidad Mayor de San Simón ha creado un Centro de Mejoramiento Genético y Manejo de Cuy en Bolivia (MEJOCUY), actualmente acreditado ante la región y el país, para promover la innovación tecnológica local, conservación, uso y manejo de recursos locales y exóticos de cuyes. En el año 1987, MEJOCUY procedió a la recolección de una población básica de cuyes nativos bolivianos de diferentes medios ecológicos y crianza tradicional en cinco departamentos del territorio nacional comprendiendo 30 localidades de diferentes pisos altitudinales que van desde 1930 a 4020 msnm. En base a este material inició un programa de conservación de germoplasma de cuyes nativos bolivianos. Las investigaciones generadas en poblaciones locales de conservación de germoplasma nativo muestran una fuerte riqueza y variabilidad y, se conservan como un patrimonio nacional manteniendo la variabilidad para cualquier eventualidad.

Abstract

The guinea pig as a minor species is well suited to smallholder production systems and is a source of food supply, particularly protein and income for producer families, therefore, the conservation and sustainable management of this species is aimed at improving producer livelihoods. The Bolivian state through the Universidad Mayor de San Simón has created a Center for Breeding and Management of the guinea pig (MEJOCUY) currently accredited nationally and regionally, to promote local technological innovation, conservation, use and management of local and exotic resources of guinea pigs. In 1987, MEJOCUY proceeded to collect a basic population of native Bolivian guinea pigs from different ecological environments and traditional breeding systems in five departments of the Bolivian territory comprising 30 different altitudinal locations ranging from 1930 to 4020 meters above sea level. Based on this material, a germplasm conservation program was for Bolivian native guinea pigs. Research generated in this local population of the conserved native germplasm exhibits strong variability and richness and is preserved as a national heritage maintaining the variability in case of any eventuality.



Importancia de la valoración y conservación de poblaciones nativas

Las poblaciones que tienen rasgos genéticos particulares y únicos se denominan recursos genéticos (Hodges, 1990 y Hammond, 1994). Latinoamérica posee una amplia diversidad de recursos genéticos animales, los cuales son empleados en diferentes sistemas y bajo variadas condiciones ecológicas y sociales (Hammond, 1994 y Cundiff, 2000). El cuy es un recurso genético que posee características que son únicas en ambientes específicos. Por consiguiente, es un material genético valioso que necesita ser mantenido y mejorado como la base para políticas y programas nacionales de mejoramiento.

FAO (1995), menciona que los problemas a que se enfrentan los recursos genéticos animales en el mundo son los siguientes:

- La disminución de la variabilidad genética dentro de razas o líneas de alta producción, empleadas en sistemas intensivos de producción.
- La rápida desaparición de razas locales a través de la introducción de razas exóticas.
- Los climas cálidos y húmedos y otros ambientes hostiles comunes a los países en desarrollo.

Por consiguiente, es necesario desarrollar programas de acción sobre el manejo sostenible, preservación (*in situ* y *ex situ*) y banco de datos de recursos genéticos locales de acuerdo con los sistemas de producción sostenibles. Bolivia, al formar parte del centro de origen del cuy, por medio del Centro MEJOCUY tiene un programa estructurado a partir de 1987 de conservación, uso y manejo sostenible de recursos genéticos de cuyes locales como un patrimonio nacional, y de cuyes introducidos con los cuales se promueve la innovación tecnológica de la cuyicultura, a través del establecimiento de mecanismos permanentes de investigación y desarrollo de estrategias de mejoramiento genético y uso de recursos, hacia la definición de líneas y

poblaciones con un elevado potencial productivo para los diferentes sistemas de producción y condiciones bioclimáticas. De esta manera se satisfacen las necesidades de los productores y se hace de la cuyicultura una actividad económicamente viable y socialmente aceptable, con el fin de transferir las innovaciones tecnológicas locales sobre el proceso de producción de carne de cuy, se facilita y fortalece a los productores en el uso, aprovechamiento, y protección hacia la seguridad alimentaria, soberanía y conservación de recursos zoogenéticos para posibilitar el desarrollo nacional.

Razones para la conservación de cuyes locales

Comte (1991), menciona que “la diversidad genética entre los animales merece ser preservada para las generaciones futuras del mismo modo que el arte y la arquitectura”. Además de los aspectos legales que rigen en el país para la conservación de los recursos genéticos, existen razones económicas, sociales y culturales para conservar, mejorar y utilizar estos recursos como materia prima para la producción de alimentos. Para esto, es necesario contar con políticas de conservación de recursos con el propósito de identificarlos, inventariarlos, sistematizarlos, determinar una modalidad de acceso, y conservarlos, además de proponer políticas para su uso sostenible y sustentable a lo largo del tiempo. Los bancos de recursos genéticos constituyen un activo invaluable.

Un banco de germoplasma debe considerar fundamentalmente los siguientes aspectos:

- Conservación de germoplasma *in situ* de los recursos nativos.
- Caracterización y evaluación de los recursos a fin de promover su utilización.
- Gestión intersectorial de los recursos genéticos.
- Mantenimiento de los bancos de datos nacionales integrados.

- Utilización sustentable y buen manejo de los recursos genéticos, (conservación *in-situ*) que es con seguridad el medio más económico de conservarlo para su utilización futura.

El sector agropecuario nacional, se caracteriza por tener una estructura socioeconómica y productiva de gran diversidad, donde conviven un reducido número de explotaciones comerciales con numerosas y pequeñas unidades productivas. Esto muestra un mosaico de estratos socioeconómicos que participan en diferente grado en la producción de alimentos.

La cuyicultura en Bolivia, ha sido una actividad de producción campesina tradicional y muy antigua, que se ha desarrollado estrechamente vinculada a la agricultura y ha estado orientada al autoconsumo como componente de la seguridad alimentaria, generando ingresos adicionales por la venta de remanentes y permitiendo generar un mayor costo de oportunidad a la mano de obra ya que en su mayoría son mujeres y niños quienes se hacían y hacen cargo.

El cuy como especie menor se adapta muy bien a sistemas productivos minifundistas y constituye una fuente de provisión de alimento, en particular de proteína y de ingresos para las familias productoras, razón por la cual la conservación y el manejo sostenible se orientan a mejorar los medios de vida del productor.

El estado boliviano a través de la Universidad Mayor de San Simón ha creado un Centro de Mejoramiento Genético y Manejo de Cuy en Bolivia (MEJOCUY), actualmente acreditado ante la región y el país, para promover la innovación tecnológica local, conservación, uso y manejo de recursos locales y exóticos de cuyes. MEJOCUY tiene cobertura a nivel nacional y a través de 26 años de generación de conocimiento, validación e integración se ha constituido en un banco único de la especie *Cavia aperea f. porcellus*. Este banco, por formar parte del centro de origen del cuy, conserva poblaciones nativas que presentan caracteres favorables

de rusticidad, adaptabilidad, fertilidad principalmente y variabilidad genética.

Se han conformado programas de conservación, mejora genética y de sistemas de producción sustentable, en respuesta a: los requerimientos de la producción de esta especie en el ámbito nacional, la demanda de formación de estudiantes de pregrado y posgrado y a la demanda de pie de cría de calidad genética para las condiciones bioclimáticas de Bolivia. MEJOCUY desarrolla innovación tecnológica local adaptada a las necesidades regionales, realiza capacitación de productores, técnicos y otros a través de la interacción social. Tiene impacto a nivel regional y nacional con la promoción y difusión de cuyes de excelente calidad genética y a través de la transferencia de técnicas de manejo a productores con la implementación de módulos de crianza de cuyes a nivel local y nacional.

Marco metodológico

Rivas y Rico (2009), indican que en MEJOCUY, los lineamientos generales con los cuales se ha partido para consolidar el Banco de Germoplasma de la especie *Cavia aperea f. porcellus* siguen las actividades detalladas a continuación:

- a) Caracterización y clasificación de las poblaciones y líneas de cuyes para su inclusión en la base de datos del Centro MEJOCUY, así como procedencia, identificación individual de cada animal y seguimiento de performance.
- b) En función de la clasificación de la población o línea, el interés zootécnico y aptitud productiva de la misma se tienen programas de conservación, selección y cruzamiento, los cuales incluyen los siguientes contenidos:
 - Descripción de los aspectos de rendimiento que conlleva el animal desde su nacimiento.
 - Los objetivos y criterios de selección, conservación o cruzamiento empleados en el plantel al cual corresponde.



- Los criterios considerados para evitar la consanguinidad, pérdida de variabilidad genética, pérdida de animales o pérdida de caracteres productivos.
- Los mecanismos de mejora genética para la utilización sostenible de la población o línea de cuyes de la cual se trata.
- La evaluación genética se lleva a cabo considerando la información genealógica y fenotípica. Los resultados se expresan en forma de valores genéticos, en la documentación existente para cada población y/o línea.
- Se obtienen datos de evaluación genética, aspectos de producción y de interés para el conocimiento del comportamiento general de las poblaciones y líneas de cuyes.
- Los métodos estadísticos empleados, se han estandarizado considerando las características de la especie, la estructura de los empadres y el desarrollo poblacional obtenido en cada generación.

- c) Control del rendimiento por línea y población en forma periódica y anualizada.
- d) Valoración y evaluación genética de los reproductores.
- e) Desarrollo de investigaciones en áreas afines de la cuyicultura: manejo, sanidad, nutrición y alimentación, etc.
- f) Publicación de resultados.
- g) Evaluaciones periódicas.

Programa de conservación de germoplasma de cuyes nativos en Bolivia

En el año 1987, MEJOCUY procedió a realizar una colecta de cuyes para conformar una población básica de cuyes nativos bolivianos de dife-

rentes medios ecológicos y crianza tradicional en cinco de nueve departamentos del territorio nacional: Cochabamba, La Paz, Oruro, Potosí y Sucre, comprendiendo 30 localidades de diferentes pisos altitudinales entre 1930 y 4020 msnm.

Las investigaciones generadas en poblaciones locales de cuyes nativos han estado concentradas hacia el establecimiento, la evaluación, la descripción fenotípica, la determinación del perfil de rendimiento y la determinación de parámetros genéticos. Posteriormente, se conformaron dos poblaciones de conservación de germoplasma nativo en las que se resguarda la variabilidad genética y fenotípica. La riqueza de estas poblaciones las convierte en un patrimonio nacional que mantiene la variabilidad y que asegura su disponibilidad ante cualquier eventualidad.

Estas poblaciones nativas bolivianas son conservadas como germoplasma nativo *in vivo*. El método de conservación es de apareamientos bajo pedigrí de mínimo parentesco. Para mantener una mayor variabilidad genética el número de machos es mayor que el número requerido en una producción comercial. De esta manera se conserva *in vivo* la variabilidad genética de tipo y coloración de pelo, sin considerar características productivas, lo cual permite manejar un plantel con familias endogámicas que reflejan fenotipos particulares de pelaje.

Se han planteado como objetivos de este trabajo los siguientes:

- Conservar *in vivo* la variabilidad genética y fenotípica de los cuyes nativos bolivianos, en ciclos anuales de producción bajo un sistema de empadre intensivo y un sistema de alimentación mixto.
- Conservar las características de la población nativa boliviana sin selección, minimizando la consanguinidad.
- Conservar características fenotípicas de color y tipo de pelaje de la población a través de cruzamientos consanguíneos.

Caracterización fenotípica en poblaciones nativas

La población nativa boliviana está conformada por cuyes resistentes a enfermedades, de gran adaptación, rusticidad en condiciones adversas y útiles para futuros planes de mejora. Es un plantel que presenta características fenotípicas peculiares, su porte pequeño los hace poco deseable para crías comerciales. Sin embargo, la variabilidad que demuestra en cuanto a tonalidades y tipos de pelaje hace que sea importante conservar esta población con el fin de preservar las características mencionadas además de ser una población básica de la cual se pueden obtener reproductores para planes de mejora.

Caracterización según su conformación

El cuy *Cavia aperea f. porcellus* es un animal de porte pequeño, temperamento nervioso, cuerpo alargado de poca profundidad y desarrollo muscular. La cabeza es triangular, alargada y angular, el hocico prolongado, las orejas pequeñas, erectas y oscuras, los ojos negros y los párpados oscuros. El pelaje es de diversos colores, enteros y combinados, con una amplia variabilidad genética (Figura 1).



Figura 1. Ejemplares de poblaciones locales de cuyes nativos bolivianos

Caracterización según el tipo de pelo

El estudio de las bases genéticas del tipo de pelo, ha determinado que el pelaje del cuy es variable. La genética es de tipo cualitativo, por

lo que es menos afectado por el ambiente. Rico y Rivas (2004), han catalogado los seis fenotipos indicados en el Cuadro.

Cuadro 1. Tipos de pelo para la caracterización de cuyes nativos bolivianos.

Pelo corto	Pelo largo
Lacio	Lacio
Arrosetado	Arrosetado
Erizado o merino	Erizado o merino

Caracterización según el color de pelo

El color del manto del cuy, es el resultado de una interacción de acontecimientos que dan como resultado final el color del animal. Searle (1976), lista doce loci que influyen individualmente en el color del manto. Al ser un carácter cuantitativo, el color es vulnerable al ambiente, por lo que presenta variaciones postnatales en intensidad. Rico y Rivas (2004), describen nueve tonalidades de color a cada una de las cuales se asignó un número código para facilitar la caracterización: 1=blanco, 2=bayo, 3=alazán claro, 4=alazán oscuro, 5=lila claro, 6=lila oscuro, 7=agutí, 8=plomo y 9=negro.

Caracterización biológica, productiva y reproductiva

En el Centro MEJOCUY, de manera anual se evalúan las variables detalladas en la Figura 2.

Los animales se evalúan bajo un diseño anidado jerárquico donde en cada generación (un año), cada uno de n machos se cruza con 3 hembras diferentes produciendo m progenies diferentes según lo que se muestra en la Figura 3.

El manejo de la población nativa boliviana, contempla aspectos de rendimiento productivo, medida mediante de índices que indican el rendimiento de acuerdo a los diferentes parámetros cuantificables a través de generaciones (Cuadro 2). Aramburo (1998), determinó que la curva de crecimiento muestra dos etapas: la primera con crecimiento lineal, que va del nacimiento a los 84 días de edad y la segunda con creci-

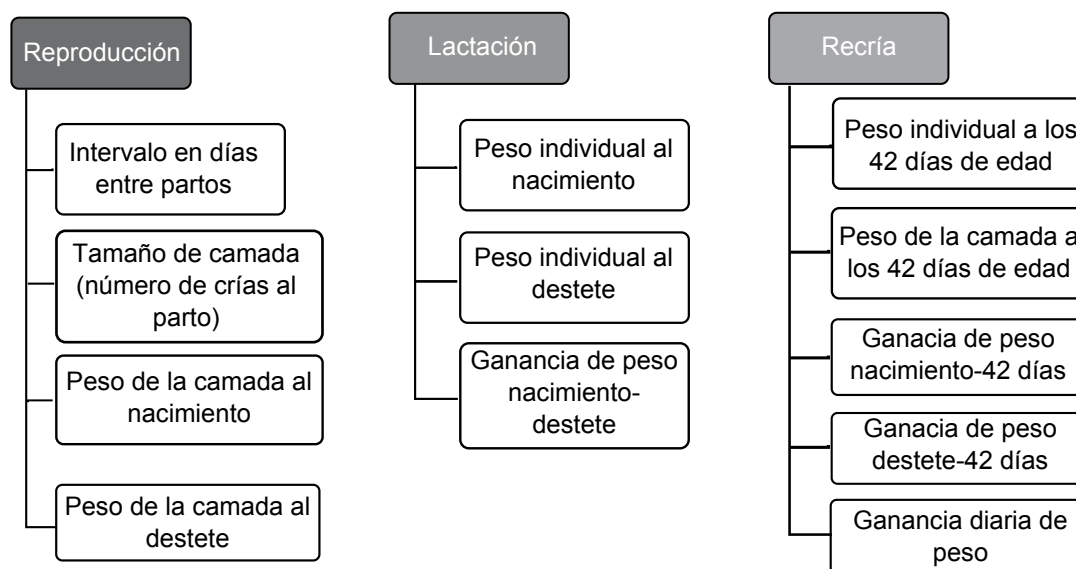


Figura 2. Variables evaluadas en el Programa de Conservación de MEJOCUY

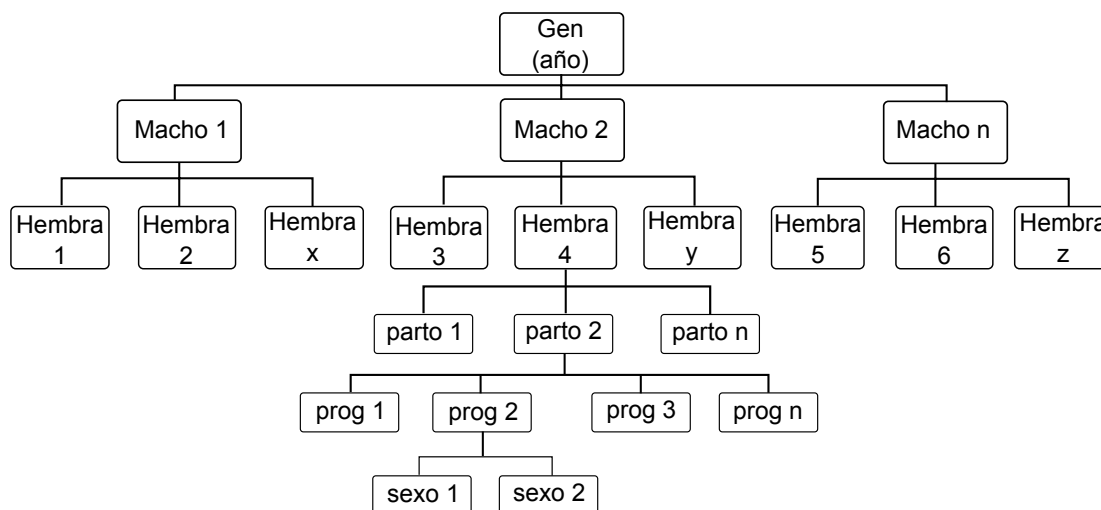


Figura 3. Diseño empleado en la evaluación de los planteles de cuyes en MEJOCUY.

miento constante, de los 84 a los 154 días de edad. El cese de crecimiento óseo ocurre a los 154 días, cuando el cartílago de la lámina epifisaria ocupa el 2% del fémur. Aramayo (2006), ha determinado que a través de cinco generaciones de conservación (1998-2002), el tamaño de camada no sufre depresión endogámica alguna.

La población nativa boliviana, presenta bastante homogeneidad a través de generaciones para los caracteres de rendimiento reproductivo (Cuadro 3). Existe una tendencia a mantener los valo-

res de fertilidad, tamaño de camada e intervalo entre partos relativamente constantes en cada ciclo. Esto se atribuye al hecho de que es un plantel de cuyes propios de la región, adaptados a las variaciones climáticas. El índice de fertilidad refleja que los cuyes presentan tal grado de rusticidad, que pese a la variación de las condiciones medioambientales logran un 100% de tasa de parición a lo largo de las generaciones de conservación.

Cuadro 2. Indicadores biológicos, productivos y reproductivos

Indicador	Valor	Referencia
Capacidad fértil y madurez sexual en machos	60 días	Alba, R. (1990)
Madurez sexual en hembras	73 días	Orellana, H. (1991)
Periodo de gestación	67 días	MEJOCUY (1988)
Intervalo entre partos	75.2 días	Rico y Rivas (2013)
Fertilidad	100%	MEJOCUY (2004)
Ciclo estral	18 días	Orellana H. (1991)
Aprovechamiento del celo posparto	74.7%	Camargo y Gossweiler (2000)
Intervalo entre partos	73.6 días	MEJOCUY (2006)
Tamaño de camada	4.0 crías•parto-1	Rico y Rivas (2013)
Consumo de alimento	35.1 g MS	Loma, K. (2001)
Incremento de peso	5.9 g•día-1	MEJOCUY (2006)
Conversión alimenticia con alimento básico	11.5	Trujillo, J. (1992)
Conversión alimenticia con alimento mixto	7.3	Loma, K. (2001)

Cuadro 3. Datos comparativos de rendimiento reproductivo en 15 generaciones de conservación (Fuente: Informes científico técnicos Centro MEJOCUY 1998 -2012).

Año	Tasa de parición	Tamaño de camada	Intervalo entre partos
1998	100	3,3	69,7
1999	100	3,6	70,5
2000	100	3,5	80,0
2001	100	3,8	73,3
2002	100	3,3	72,0
2003	100	3,8	76,6
2004	100	3,6	72,2
2005	100	3,8	74,2
2006	100	3,9	73,7
2007	100	3,5	72,4
2008	100	4,0	70,9
2009	100	4,3	76,8
2010	100	3,8	77,6
2011	100	3,8	77,9
2012	100	4,0	75,2
Promedio	100	3.73	74,2

Caracterización genética

La recolección de datos permitió determinar los valores de varianzas genéticas, ambientales y la heredabilidad en sentido amplio y estricto, calculado en forma anual desde el año 2002. Cuando se evaluó la heredabilidad en sentido estricto generacionalmente (Figura 4), se obtuvieron resultados que manifiestan variaciones entre generaciones que no siguen una tendencia, lo cual podría atribuirse a la cantidad de datos evaluados anualmente (n), a las variaciones ambientales determinantes en los caracteres tanto productivos como reproductivos o al hecho de que es una población de conservación por lo que no se selecciona para ningún carácter y como consecuencia no es esperable una respuesta a la selección entre generaciones. Esto impide detectar aquellas diferencias atribuibles al progreso genético de una generación a otra.

Referencias

1. Aramayo, C. 2006. Depresión endogámica en las poblaciones mejocuy, Tamborada y nativa Bolivia del proyecto MEJOCUY, Tesis Lic. Bio. Facultad de Ciencias y Tecnología, Cochabamba, Bolivia.
2. Cahill, J. 1995. Descripción Fenotípica del Cuy Nativo Boliviano (*Cavia aperea porcellus*). Memorias: Seminario internacional sobre investigación y sus alcances en la producción de cuyes. Pasto, Colombia.
3. FAO/UNEP. 1997. Lista mundial de vigilancia para la diversidad de los animales domésticos. 2a edición. Trad. Ricardo Alberio. FAO. Roma. Italia.
4. Hodges J. 1990. Animal Genetic Resources. Impact Sci. Soc. 158:143-153.
5. Hammond, K. 1994. Conservation of Domestic Animal Diversity: Global Overview. En Smith, C., Gavora, J.S., Benkel, B., Chesnais, J., Fairfull, W., Gibson, J.P., Kennedy, B.W., Burnside, E.B. (editors). Proce-

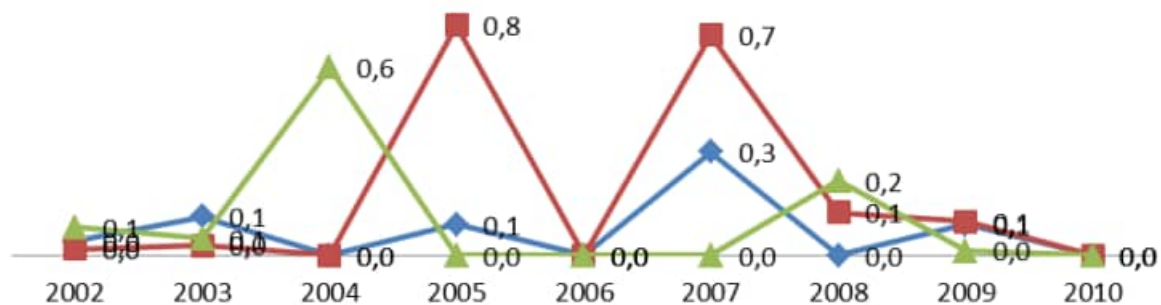


Figura 4. Heredabilidad en sentido estricto de la población nativa de cuyes, respecto a las variables de peso al nacimiento (diamantes), peso al destete (cuadrados) y peso a los 56 días (triángulos).

- edings of the World Congress on Genetics Applied to Livestock Production. University of Guelph. Ontario, Canada.
6. Holting, G. 1995. Análisis del Rendimiento de un Ciclo Reproductivo de Cuyes Nativos Bolivianos provenientes de diferentes localidades. Memorias XII Reunión Nacional ABOPAL. Cochabamba, Bolivia.
 7. FAO. 1995. Conservación de los recursos genéticos en la ordenación de los bosques tropicales. Serie Montes. Monografía No. 107. FAO. Roma, Italia.
 8. Cahill, J. 1995. Mejoramiento Genético. *En* Primer Curso y Reunión Nacional de Cuyicultura. Proyecto MEJOCUY. Cochabamba, Bolivia.
 9. MEJOCUY. 2001. Informe Técnico Científico 1999-2001. MEJOCUY, UMSS. Cochabamba, Bolivia.
 10. Rico, E., Rivas, C. 2012. Informe Científico Técnico 2002 -2012. MEJOCUY, UMSS. Cochabamba, Bolivia.
 11. Rico, E. 1994. Situación de la Investigación con el Programa de Cuyes-Bolivia. Memorias 4to Congreso Latinoamericano de Cuyecultura. Riobamba, Ecuador.
 12. Rico, E. 2006. Conservación de germoplasma de cuyes nativos y exóticos en Bolivia. Memorias VII Simposio Iberoamericano sobre Conservación y Utilización de Recursos Zoogenéticos. Red XII – H CYTED sobre Conservación de la Biodiversidad de los Animales Locales para el Desarrollo Rural Sostenible.
 13. Rico, E., Rivas, C. 1999. Información sistematizada de resultados obtenidos Primera Fase 1987-1997. Proyecto MEJOCUY. Cochabamba, Bolivia.
 14. Rivas, C., Rico, E. 2009. Plan de conservación, manejo sostenible y mejora genética de cuyes en Bolivia. Proyecto ASDI-DICyT 15/27. UMSS, Centro MEJOCUY. Cochabamba, Bolivia.
 15. Rivas, C. 2011. Evaluación comparativa de los parámetros genéticos de las poblaciones y líneas de cuyes del proyecto MEJOCUY 2002–2010. Proyecto MEJOCUY. Cochabamba, Bolivia.
 16. San Primitivo, F. 2006. Memorias VII Simposio Iberoamericano sobre Conservación y Utilización de Recursos Zoogenéticos. Red XII – H CYTED sobre Conservación de la Biodiversidad de los Animales Locales para el Desarrollo Rural Sostenible.



Evaluación preliminar de soportabilidad y diversidad de praderas nativas de la comunidad de Challacollo, Llica Potosí

Genaro Condori Choque^{1*}, José Luis Quispe Huanca¹

¹Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal, Calle Santa Cruz No. 345, Oruro, Bolivia

*Autor para correspondencia: gencond@hotmail.com

Resumen

A objeto de determinar la soportabilidad y diversidad de especies de la pradera nativa de la Unidad Productiva de Conservación *in situ* de camélidos y pastos nativos de Llica – Potosí, se ha realizado la evaluación de parámetros de productividad y calculado los índices de diversidad en época seca y en dos zonas representativas de la comunidad de Challacollo. Los resultados muestran que la zona de planicie presentó una cobertura vegetal escasa (7%) con la especie *Lampaya medicinalis* presentando más individuos por unidad de superficie. En la zona de serranía la cobertura alcanzó un 11% y la especie que más individuos presentó por unidad de superficie fue *Parastrephia lucida*. Las especies que crecen en la planicie y serranía presentan rendimientos en materia seca 53 y 17 Kg MS·ha⁻¹·año⁻¹, respectivamente y soportabilidad de 0.08 y 0.02 ULL·ha⁻¹, respectivamente. De manera general estos resultados son bajos. De acuerdo al índice de dominancia de Simpson hallado en la planicie tiene predominancia las especies *L. medicinalis* y *P. lepidophylla* en cambio en la serranía predominan la *P. lucida* y *A. spinossisima*. El Índice de Shannon calculado para ambas zonas no presentó diferencias significativas ($p < 0.05$) pero en ambos casos se obtuvo un valor bajo en comparación a sitios con alta diversidad. La distribución de las especies por zonas tampoco fue significativamente diferente.

Palabras clave: Praderas nativas, soportabilidad, índices de diversidad, especies.

Abstract

With the objective of determining the supportability and species diversity of native pastures of the *in situ* camelid and native pasture Conservation Productive Unit of Llica-Potosí, evaluation of productivity parameters and calculation of diversity indexes were performed in the dry season of two representative zones of the Challacollo community. The results for the flat zone show a scarce vegetation cover (7%) with more individuals per surface area of the species *Lampaya medicinalis*. In the zone of hills the vegetation cover reached 11% and the species with more individuals per surface area was *Parastrephia lucida*. The species that grow in the flat and hill zone presented yields in dry matter of 53 and 17 Kg DM·ha⁻¹·year⁻¹, respectively and supportability of 0.08 and 0.02 ULL·ha⁻¹, respectively. In general these are considered low values. According to the dominance Simpson Index found for the flat zone, the predominant species are *L. medicinalis* and *P. lepidophylla*, while in the hill zone *P. lucida* and *A. spinossisima* predominate. The Shannon index calculated for both zones did not present significant differences ($p < 0.05$) but in both cases the values were low compared to those of zones with high diversity. The distribution of species for both zones was not significantly different either.

Keywords: Native pastures, supportability, diversity indexes, species.



Introducción

Bolivia es uno de los países con mayor diversidad biológica y ecoregional. Está situada entre los quince países más diversos del planeta, cuenta con 22 reservas ecológicas entre parques nacionales, reservas biológicas, áreas naturales y otros (Rodríguez, 2009), en las que se conservan especies vegetales de incalculable valor. Alrededor de 18 a 20 mil especies de plantas vasculares, se encuentran en territorio nacional, número cercano a aquellos valores que presentan los países considerados megadiversos. Muchas especies vegetales tienen su centro de diversidad en Bolivia, por ejemplo las familias *Cactaceae*, *Amaranthaceae* y *Bromeliaceae*. Es probable que de cada 5 especies 4 de ellas se encuentren restringidas al territorio boliviano por lo que se las considera endémicas (MDSF, 1997).

Toda esta riqueza natural está distribuida en un área que durante muchos años, ha sido manejada, habitada y protegida por pueblos indígenas y otras comunidades locales, quienes la han utilizado por su valor medicinal, cultural y económico. Esta diversidad biológica es el resultado de la compleja topografía del territorio y la posición en el continente donde convergen diversos climas lo que origina condiciones de transición de la flora y fauna. Así, hasta en lugares desérticos del altiplano boliviano con extrema variación térmica y altitudes que superan los 4.000 msnm. es posible encontrar organismos muy bien adaptados a estas condiciones.

Sin embargo esta biodiversidad enfrenta una serie de riesgos que ponen en peligro la continuidad de las especies y sus poblaciones. Entre éstos, destaca el impacto que las actividades humanas tienen en tres niveles: ecosistemas, especies y genes, que derivan de la sobre explotación, la destrucción y fragmentación del hábitat de estos organismos que son desplazados por actividades productivas, la introducción de especies exóticas, la contaminación y en algunos casos los desastres naturales.

Las extensas zonas áridas y semi áridas del occidente del país presentan un clima adverso a las actividades agrícolas y pecuarias. Sin embargo, acogen a especies finamente adaptadas a las condiciones imperantes del ecosistema. En estas ecoregiones se ha podido observar el desarrollo de especies que juegan un rol importante en la vida de los pobladores de manera directa e indirecta. Bajo estas condiciones, particularmente en la comunidad de Challacollo de la localidad de Llica-Potosí se desarrollan actividades ganaderas y agrícolas. Una de las más importantes es la producción de quinua, que se da desde la localidad de Salinas Garci Mendoza hasta Llica. En los últimos años la producción de quinua ha adquirido mucha importancia debido al precio que ha alcanzado valores inesperados, por un mercado que actualmente continua en ascenso.

Las poblaciones rurales de la zona no escatiman esfuerzos para entrar en el negocio de la quinua y la realidad muestra que la única ruta para aumentar el volumen de producción de la quinua es la ampliación de la frontera agrícola sin medir las consecuencias que podrían acarrear estas acciones. La ampliación del espacio de siembra en la última década (1999-2009) ha resultado en un incremento de aprox. 17000 ha (Bedregal, 2012). La intervención en esta superficie tiene un efecto negativo directo sobre la flora y fauna. Principalmente, este monocultivo implica enormes cambios en las comunidades vegetales silvestres que conforman los pastos nativos, fuente principal de alimentación de la ganadería camélida, ya que los pastos nativos son volcados para convertirse en campos de cultivo para la quinua.

Es necesario establecer que la vegetación nativa silvestre que cubre el suelo para protegerlo de la erosión hídrica o eólica, cumple un rol fundamental para el equilibrio y conservación del ecosistema cuya diversidad depende de dos factores: el número de especies presente y el equilibrio demográfico entre ellas (Orellana, 2009). El estudio de la cobertura vegetal en un ecosistema frágil como el del altiplano tiene por objeto la

conservación y mejoramiento de las coberturas vegetales en zonas áridas y semiáridas de nuestro país. Con esas consideraciones, el objetivo del presente estudio fue determinar la soportabilidad y diversidad de especies de las praderas nativas de la Unidad Productiva de Conservación (UPC) de camélidos y pastos nativos de la comunidad de Challacollo, Llica - Potosí.

Materiales y métodos

El estudio se desarrolló en la Comunidad de Challacollo del Municipio de Llica del Departamento de Potosí. Por razones de representatividad climática se toma como referencia a los datos de clima de la estación meteorológica de SENAMHI de Uyuni, con un registro de 50 años, que determina una temperatura máxima extrema de 21.7°C, una mínima extrema de -8.9°C y una media de 8.3°C. El viento predominante es de Nor Oeste con una velocidad promedio de 16,66 Km·h⁻¹. El promedio de precipitación anual es de 187.1 mm, siendo la época más lluviosa la comprendida por los meses de Enero, Febrero y Marzo (Municipio de Llica, 2011).

Muestreo aleatorio estratificado

El muestreo para la evaluación de la pradera nativa se ha realizado en el mes de abril de 2013 bajo el método de muestreo aleatorio estratificado y dentro de cada subgrupo se realizó un muestro aleatorio simple el cual se ajusta a poblaciones vegetales que no cuentan con mucha información (Mostacedo y Fredericksen, 2000).

Para el caso de la comunidad de Challacollo se establecieron 2 zonas claramente diferenciados por la fisiografía y relieve. La zona 1 está localizada en una planicie horizontal de la comunidad con suelos arenosos, escasa vegetación natural y escasa afloración de rocas. Esta zona coincide con las coordenadas 19.771071 Lat. S y 68.361556 Long. Oeste y está a una altitud de 3690 msnm. La zona 2 está localizada en la

serranía de la comunidad, con afloraciones rocosas sobresalientes y una capa delgada de suelo con escasa vegetación natural y pendientes pronunciadas. Las coordenadas de referencia para esta zona son 19.774564 Lat. S y 68.372736 Long. Oeste, a una altitud aproximada de 3799 msnm.

Medición de cobertura

Este parámetro indica el tamaño y volumen ocupado o superficie de suelo cubierto por una especie o asociación vegetal. Es también la proyección vertical de la porción aérea de la planta sobre la superficie del suelo y se expresa en porcentaje de dicha proyección (Huss et al., 1986).

La cobertura es la fracción de la superficie cubierta por diferentes especies o el estrato en su conjunto de cada parcela. La cobertura de estratos leñosos es la sumatoria de la proyección horizontal de sus copas dividido entre el tamaño de la parcela. La mejor manera de determinar la superficie es dándole la forma de una elipse por tanto se mide el diámetro horizontal mayor y menor (Ojasti, 2000).

La cobertura absoluta se obtuvo mediante la ecuación 1 (Zarco et al., 2010).

$$\text{Cobertura absoluta} = \frac{\text{Área de cobertura de una especie}}{\text{Área muestreada}} \quad (1)$$

Medición de densidad

Este parámetro mide el número de individuos de una misma especie por unidad de superficie en una comunidad vegetal, es una expresión de abundancia o densidad de población (Huss et al., 1986). La medición de la densidad implica un recuento que expresa la cantidad de individuos promedio de las parcelas muestreadas que existen en la unidad de muestreo. La densidad se calculó según la ecuación 2 (Zarco et al., 2010).

$$\text{Densidad absoluta} = \frac{\text{Número de individuos de una especie}}{\text{Área muestreada}} \quad (2)$$



Medición de peso

Esta medida tiene por objeto establecer la cantidad de forraje producido. Es importante porque permite hacer cálculos de capacidad de pastoreo ya que tiene una directa relación con la cantidad de animales que puede soportar un determinado pastizal. El peso del forraje producido se midió en kilogramos de materia seca (Kg MS) por unidad de superficie. Para esto las muestras colectadas fueron desecadas en un horno secador a 100°C (Huss et al., 1986).

La toma de muestras se realizó cortando la vegetación a la altura que muerde el ganado y se seleccionaron las partes vegetativas que son consumibles (brotes tiernos, hojas, flores y ramas tiernas). El tamaño de la unidad de muestreo para la colecta fue de 25 m².

Medición de la diversidad de especies

Actualmente existe la corriente en la que se postula que la diversidad de especies debe ser distinguida en al menos tres niveles: La diversidad local ó diversidad α , la diferenciación de la diversidad entre áreas o diversidad β y la diversidad regional o diversidad γ (Moreno, 2001). Sin embargo para el presente estudio se consideró una comparación de la diversidad α , pues se analizó la riqueza de especies de una comunidad determinada, considerada homogénea a un nivel local (unidad de comunidad).

La riqueza de especies proporciona una medida de la diversidad pues es necesaria la distinción entre riqueza numérica de especies y número de especies por área de muestreo. La medición de la riqueza específica ayuda a medir la biodiversidad ya que se basa en el número de especies presentes sin tomar en cuenta el valor de importancia.

El índice de Margalef transforma el número de especies por muestra a una proporción en la cual las especies son añadidas por expansión de la muestra o bien mide la riqueza de especies de una comunidad vegetal (Magurran, 1989). Sin embargo, es prácticamente imposible enumerar

todas las especies de la comunidad y, como el número total de especies depende del tamaño de la muestra, es limitado como índice comparativo. En el presente estudio, la riqueza de especies (D_{Mg}) se calculó mediante el Índice de Margalef (Moreno, 2001) indicado en la ecuación 3. Un mayor valor de D_{Mg} indica una mayor riqueza de especies.

$$\text{Diversidad de especies } (D_{Mg}) = \frac{S-1}{\ln N} \quad (3)$$

Donde:

S = número de especies

N = número total de individuos

El Índice de Simpson es una medida de la dominancia que se enfatiza en las especies más comunes y reflejan más riqueza de especies. Es una medida que se refiere a la probabilidad de que dos individuos seleccionados al azar en las unidades muestrales sean de la misma especie (Zarco, 2010). Este es un índice basado en parámetros inversos a los conceptos de equidad puesto que toma en cuenta la dominancia de las especies con mayor representatividad y es uno de los parámetros que permite medir la riqueza de organismos. Ecológicamente, cuantifica la biodiversidad de un hábitat pues considera un determinado número de especies presentes en el hábitat y su abundancia relativa. (Pielou, 1969).

Este índice tiende a sobrevalorar las especies más abundantes en detrimento de la riqueza total de especies (cuanto más se acerque el valor al mínimo de 1, la diversidad disminuye y la dominancia aumenta). Si bien este índice depende de la cantidad de categorías que es posible reconocer, aporta con la idea de homogeneidad general partiendo de la base de que un sistema es más diverso cuando menos dominancia de especies hay, siendo la distribución más equitativa (Pielou, 1969). Se calculó el Índice de Simpson de acuerdo a la ecuación 4 (Lamprecht, 1990).

$$S = \sum p_i^2 \quad (4)$$

Donde:

S = dominancia

p_i = proporción del número de individuos de la especie i con respecto al número total de individuos (N).

Por otra parte, el Índice de Shannon se basa en la probabilidad de encontrar un determinado individuo en un ecosistema (Magurran, 2001). Contempla la cantidad de especies presentes en el área de estudio (riqueza de especies), y la cantidad relativa de individuos de cada una de esas especies (abundancia). Este índice considera la asociación del factor p_i (proporción del número de individuos de la especie i con respecto al número total de individuos) a la probabilidad o incertidumbre de encontrar a la especie i en el área de muestreo, por tanto la diversidad de un ecosistema no solo depende del número de especies, sino también del número de individuos por especie. Es decir que en dos comunidades con un mismo número de especies, la que tiene un número similar de individuos en todas las especies será la comunidad más diversa que la que concentre el mayor número de individuos en unas pocas especies. Otra de las cualidades del índice de Shannon es que existe un valor máximo en la diversidad de los ecosistemas, que va en torno a 5.2. Este valor se presenta en un bosque tropical y los arrecifes coralinos. Los valores menores corresponden algunas zonas desérticas.

El índice de Shannon-Wiener (H) se calculó en base a la ecuación 5 (Mostacedo y Frederiksen 2000).

$$H' = -\sum p_i \ln p_i \quad (5)$$

Donde:

H' = índice de Shannon-Wiener

p_i = abundancia relativa

$\ln$ = logaritmo natural

El Índice de Equidad de Pielou mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada (Moreno, 2001). Su valor va de 0 a 0.1, de forma que 0.1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes. Establece cuan uniformemente están distribuidos los individuos entre las especies, es decir la distribución de individuos entre especies (Newman, 2003; Clements y Newman, 2002). Cobra importancia cuando se requiere conocer el reparto de las especies en proporciones sin que influya el número de especies (Del Rio et al., 2003).

Para el cálculo de este índice se utilizó la ecuación 6 (Moreno, 2001).

$$E = \frac{H}{\ln S} \quad (6)$$

Donde:

E = equidad

H = diversidad

$\ln(S)$ = logaritmo natural del número total de especies existentes dentro la parcela

Se determinaron los índices de diversidad florística para cada una de las 6 parcelas. La comparación de medias entre zonas se realizó mediante la prueba t de Student.

Resultados y Discusión

De la evaluación realizada se determinaron, con carácter preliminar, los parámetros de cobertura, densidad de plantas y análisis de biomasa vegetal que se observan en el Cuadro 1.

Cobertura y densidad

De manera general la ecoregión donde se realizó el estudio se caracteriza por una escasa vegetación natural, puesto que pertenece al piso ecológico Altoandino árido a semiárido (Gobierno Municipal de Llica, 2011). En gran parte la zona presenta un desierto frío, con una cobertura vegetal muy pobre, con una superficie



Cuadro 1. Parámetros de evaluación de praderas nativas de la Zona 1 y 2 de la comunidad de Challacollo - Llica

Nombre común	Nombre científico	Zona 1		Zona 2	
		Cobertura (%)	Densidad (plantas·ha ⁻¹)	Cobertura (%)	Densidad (plantas·ha ⁻¹)
Lampaya	<i>Lampaya medicinalis</i>	3	5466	-	-
Supu tola	<i>Parastrephia lepidophylla</i>	2	4666	-	-
Paja brava	<i>Festuca ortophylla</i>	1	400	-	-
Añahuaya	<i>Adesmia spinosissima</i>	1	533	2	1200
Tola Romero	<i>Parastrephia lucida</i>	-	-	5	3600
Ñakathola	<i>Baccharis incarum</i>	-	-	-	133
Tara tola	<i>Fabiana densa</i>	-	-	2	2266
Tara tanta	<i>Junellia seriphioides</i>	-	-	1	1333
Cactácea	<i>Opuntia soeherensi</i>	-	-	1	133
Total		7	11065	11	8665

de suelos con afloramientos rocosos o arenoso proveniente de las tobas volcánicas lo cual condiciona el desarrollo de las especies vegetales.

Los resultados indicaron que el porcentaje de cobertura total en la zona 1 representó el 7% lo cual significa prácticamente que se trata de suelo desnudo. Sin embargo, es la especie *Lampaya medicinalis* (Lampaya) la que tuvo mayor porcentaje de cobertura (3%), seguida por *Parastrephia lepidophylla* (Supu t'ola) con el 2%.

Respecto a la densidad también fue *L. medicinalis* la que más individuos presentó por superficie (5466 plantas·ha⁻¹), seguida por *P. lepidophylla* (4666 plantas·ha⁻¹). Estos valores son superiores a los reportados por Alzerreca et al. (2002) que indican valores de 3546 plantas·ha⁻¹ para una pradera de *P. lepidophylla* y 4390 plantas·ha⁻¹ para *L. medicinalis*. Asimismo, se observaron individuos de la especie *Festuca ortophylla* y *Adesmia spinosissima* a menor densidad y por tanto menor cobertura. Con estas características esta pradera puede ser considerada como lampaya – t'olar.

El porcentaje de cobertura total en la zona 2 representó el 11%. Considerando que la zona se encuentra en una serranía, presenta mayor cobertura que la Zona 1 ya que el 89% de la superficie es roca desnuda. La especie con

mayor cobertura fue *Parastrephia lucida* (T'ola romero) con 5%, seguida de *A. spinosissima* y *Fabiana densa* (Tara t'ola), ambas con 2% de cobertura.

La zona 2 presentó mayor número de especies (6 especies) reflejado en la densidad de las especies. La especie que más individuos presenta por superficie estudiada es *P. lucida* con 3600 plantas·ha⁻¹, seguida por *F. densa* con 2266 plantas·ha⁻¹. Ambos valores son superiores al reporte de Alzerreca et al. (2002) que indica valores de 1755 y 3497 plantas·ha⁻¹ para *P. lucida* y *F. densa*, respectivamente. Con densidades más bajas se encuentra la especie *Junellia seriphioides* (Taratanta) con 1333 plantas·ha⁻¹ y *A. spinosissima* con 1200 plantas·ha⁻¹.

Peso

Los resultados presentados en el Cuadro 2, muestran que para el mes de abril (inicio de la época seca) la zona 1 presenta un rendimiento de 53 Kg MS·ha⁻¹·año⁻¹. Esto permite una capacidad de carga de 0.08 Unidades de Llama por hectárea por año (ULL·ha⁻¹·año⁻¹). Cabe señalar que se ha considerado un peso vivo promedio de animal de 70 Kg. En la zona 2, si bien existe una mayor diversidad de especies, su rendimiento alcanza los 17 Kg MS·ha⁻¹·año⁻¹, lo cual permite una capacidad de carga de 0.02 ULL·ha⁻¹·año⁻¹. Los datos anteriores permiten calcular la sopor-

Cuadro 2. Rendimiento y capacidad de acogida de las praderas nativas de las zonas de la comunidad de Challacollo-Llica, Potosí

Zona	Tipo de pradera	Media de Rendimiento (Kg MS)	Rendimiento (Kg MS·ha ⁻¹ ·año ⁻¹)	Capacidad de carga (ULL·ha ⁻¹ ·año ⁻¹)	Soportabilidad 1ULL (ha)
1	Lampayar-T'olar	44.12	53.00	0.08	12.10
2	T'olar-Romeral	19.86	17.00	0.02	43.87

tabilidad de este tipo de praderas para 1 ULL. En la zona 1 la soportabilidad alcanza un valor de 12.1 ha para acoger a 1 ULL y en la zona 2, una superficie de 43.8 ha puede acoger a 1 ULL por año en esta época del año.

Al realizar la comparación de medias entre las zonas 1 y 2 se evidenció que no existieron diferencias significativas ($p < 0.05$) para el peso de materia seca.

Estos valores son inferiores a los valores para un t'olar compuesto por *P. lepidophylla* y *Baccharis incarum* (313 Kg MS·ha⁻¹) reportados por Alzerraca et al. (2002), aunque esta diferencia se puede atribuir a diferencias en la época de muestreo.

Riqueza específica según el Índice de Margalef

Los valores de riqueza específica calculado por el Índice de Margalef consideran el número de especies por zona. De los resultados del Cuadro 2, la zona 2 fue la que presentó mayor riqueza de especies (1.11) en comparación a la zona 1 con un valor de 0.67, de manera general estos valores están debajo de los valores de referencia establecidos por el índice de Margalef que indica valores inferiores a 2 son considerados como zonas de baja riqueza específica y valores iguales o cercanos a 5 como de alta riqueza de acuerdo a Orellana (2009), por tanto ambas zonas son pobres en diversidad de especies.

Cuadro 3. Índice de Margalef según zona

Zona	Número de especies	D _{Mg}
1	4	0.67
2	6	1.11

Dominancia de especies según el índice de Simpson

En la Figura 1 se observan los resultados obtenidos respecto al Índice de Simpson para cada especie de la zona 1. En esta zona existe el predominio, en las parcelas 2 y 3, de la especie *L. medicinalis*, mientras que en la parcela 1 domina *P. lepidophylla*. En general en la zona 1 prevalecen estas dos especies.

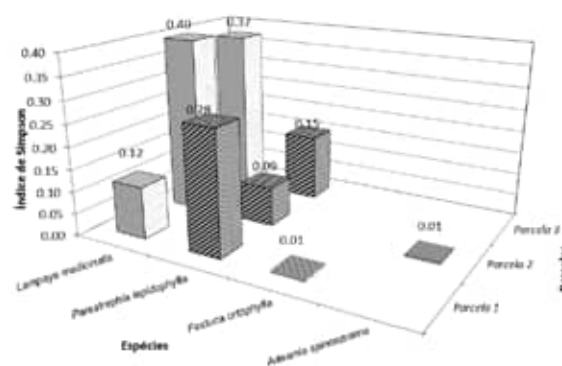


Figura 1. Valores del Índice de Simpson obtenidos de cada especie, por parcela de muestreo en la Zona 1.

Los resultados obtenidos para la zona 2 se muestran en la figura 2. Se observa un predominio en la parcela 1 de la especie *P. lucida*, mientras que en la parcela 2 existió un predominio de la especie *A. spinosissima*. Sin embargo, esta especie está distribuida más equitativamente en las tres parcelas.

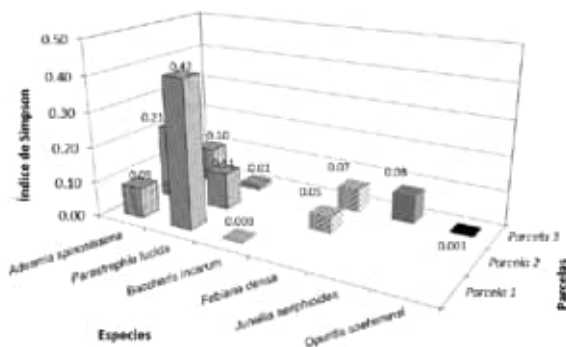


Figura 2. Valores del Índice de Simpson obtenidos de cada especie, por parcela de muestreo en la Zona 2.

En el Cuadro 2 se observa el análisis de dominancia de cada parcela de muestreo, según los valores obtenidos para el Índice de Simpson. La parcela 3 de la Zona 1 presenta una diversidad de especies comparativamente baja mientras que la parcela 6 de la Zona 2 presenta mayor diversidad de especies.

Cuadro 2. Índice de Simpson por zona y por parcelas

	Parcelas					
	Zona 1			Zona 2		
	1	2	3	4	5	6
P_i^2	0.403	0.490	0.525	0.509	0.363	0.260

Diversidad de especies según el Índice de Shannon

Los resultados del Índice de Shannon por parcela se muestran en la Figura 3. La parcela 6 presenta una mayor diversidad que las demás ($H=1.42$) y la parcela 3 es la que presenta menor diversidad ($H=0.67$). Considerando que el índice (H) tiene como característica un valor de 5 para una alta diversidad y 1 para baja diversidad, se puede inferir que todas las parcelas presentan una baja diversidad de especies.

En la Figura 4 se muestran los valores del Índice de Shannon por zonas. Los valores muestran que la zona 2, localizada en las serranías de la comunidad de Challacollo, presenta mayor

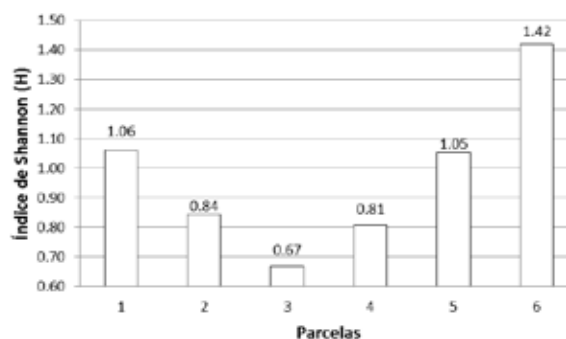


Figura 3. Valores obtenidos para el Índice de Shannon por parcelas de muestreo.

diversidad respecto a la zona 1, localizada en la planicie de la comunidad. Sin embargo no existen diferencias significativas ($p<0.05$) entre estos valores. Asimismo, como ya se mencionó anteriormente, ambas zonas presentan una baja diversidad de especies.

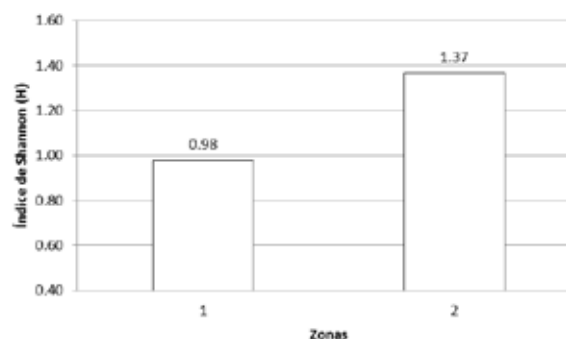


Figura 4. Valores obtenidos para el Índice de Shannon por zonas.

Equidad según el índice de Shannon

Los valores de equidad obtenidos para las parcelas de muestreo se observan en la Figura 5. Las parcelas 3 y 5 presentan una mayor uniformidad de distribución de especies respecto a las demás parcelas. La parcela 4 presenta un menor valor de índice de equidad (0.74) lo que implica que en esta parcela existe una uniformidad relativamente baja. En este caso particular, la especie *Baccharis incarum* (Ñaka thola) estuvo representada por un solo individuo mientras que *P. lucida* y *A. spinosissima* estuvieron representadas por 11 y 5 individuos, respectivamente.

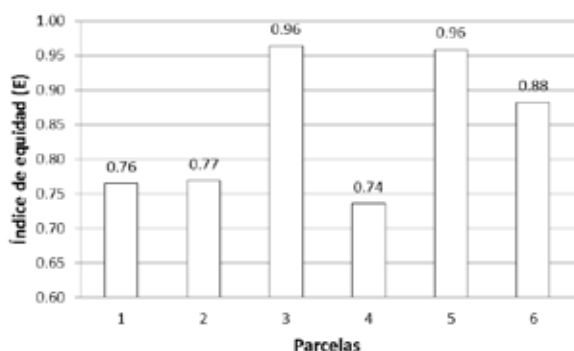


Figura 5. Valores del Índice de Equidad por parcelas de muestreo.

En la Figura 6 se muestran los valores del Índice de Equidad por zonas y se observa que la zona 2 presenta un valor mayor para este índice. Sin embargo, las diferencias no son estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

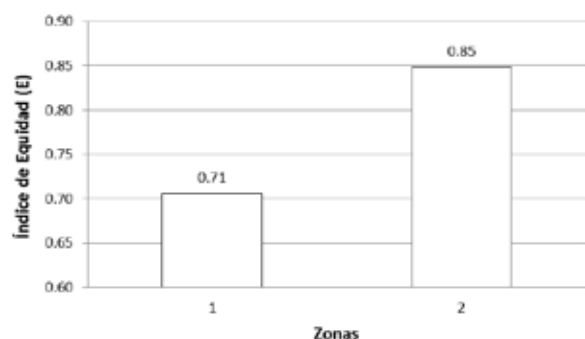


Figura 6. Valores del Índice de Equidad por zonas.

Los parámetros calculados demuestran que las zonas estudiadas de la comunidad de Challacollo presentan indicadores con valores bajos en cuanto a cobertura, densidad y peso de biomasa vegetal producida, probablemente debido a la época de muestreo y por las condiciones de un ecosistema semiárido-árido.

Las especies adaptadas mediante ecotipos a condiciones de altura con cierto grado de prosperidad son la *L. medicinalis* y *P. lepidophylla* para la zona de planicie y *P. lucida* y *F. densa* para las serranías.

Se ha establecido la predominancia de las especies *L. medicinalis* y *P. lepidophylla* en planicie, mientras que en la serranía tiene hegemonía la especie *P. lucida*, y con menor índice de dominancia pero distribuida en todas las parcelas *A. spinosissima*.

Se ha verificado que ambas zonas presentan una baja diversidad de especies y rendimiento de biomasa vegetal pobre. Este aspecto tendrá consecuencias a futuro para la conservación de estas pasturas nativas así como para su utilización en la conservación de camélidos sudamericanos.

Referencias

1. Alzerreca A., Laura, H., Prieto, G., Céspedes, J., Calle, P., Vargas, A., Cardozo, A. 2002. Estudio de la tola y su capacidad de soporte para ovinos y camélidos en el ámbito boliviano del sistema T.D.P.S. Informe final. ALT – PNUD. AIGACAA. La Paz, Bolivia.
2. Bedregal, F.C.G. 2012. Rendimientos decrecientes de la tierra y la producción de quinua en Bolivia. Facultad de Ciencias Económicas y Financieras. UMSA. Tesis de grado Lic. La Paz, Bolivia.
3. Del Rio, M., Montes, F., Cañellas, I., Montero, G. 2003. Revisión: Índices de diversidad estructural en masas forestales. Investigación Agraria. Sistema de Recursos Forestales. CIFOR-INIA. Madrid, España.
4. Huss, D.L., Bernardon A., Anderson, D., L. y Brun, J.M. 1986. Principios de manejo de praderas naturales. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Buenos Aires, Argentina
5. Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación. 1997. Implementación del Convenio sobre la Diversidad Biológica. Primer Informe Nacional de Bolivia. MDSP-DGB. La Paz, Bolivia.

6. Mostacedo, B., Fredericksen, T. 2000. Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal. Proyecto de Manejo Forestal Sostenible (BOLFOR). USAID, PL-480, MDSP. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia.
7. Montani, T. Busso, C. 2004. Métodos de estudio de la vegetación. Guía de trabajos prácticos de ecología. Departamento de Agronomía. Buenos Aires, Argentina.
8. Ojasti, J. 2000 Manejo de Fauna Silvestre Neotropical. Instituto de Zoología Tropical de la Universidad Central de Venezuela, Smithsonian Institution, Biocentro, UNESCO, WWF. Caracas, Venezuela.
9. Municipio de Llica. Plan de Desarrollo Municipal Provincia D. Campos, Primera Sección Llica. 2011. Municipio de Llica. MEDICUS MUNDI. Potosí, Bolivia.
10. Lamprecht, H. 1962. Ensayo sobre unos métodos para el análisis estructural de los bosques tropicales. *Acta Científica Venezolana*. 2(13): 57-65.
11. Newman, M.C., Unger, M.A. 2003. Fundamentals of ecotoxicology. CRC press.
12. Clements, W.H., Newman, M.C. 2003. Community ecotoxicology. Wiley.
13. Pielou, E. C. 1969. An introduction to mathematical ecology.
14. Rodríguez, G.A. 2009. Biodiversidad de Bolivia. Publicación del Instituto Boliviano de Comercio Exterior N°177. IBCE. Santa Cruz, Bolivia.
15. Zarco, E.V.M., Valdez, H.J.I., Pérez, G., Castillo, A. 2010. Estructura y diversidad de la vegetación arbórea del parque estatal Agua Blanca, Macuspana, Tabasco. Universidad y Ciencia del Trópico Húmedo, Programa Forestal Colegio de Postgraduados. División Académica de Ciencias Biológicas. Texcoco, México.



Caracterización de llamas conservadas en condición *in situ* en la comunidad de Challacollo, región intersalar de Uyuni, Potosí-Bolivia

José Luis Quispe Huanca^{1*}, Genaro Condori Choque¹,

¹Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal, Calle Santa Cruz No. 345, Oruro, Bolivia

*Autor para correspondencia: josluisqh@hotmail.com

Resumen

Con el propósito de determinar las características físicas de la fibra y morfológicas del animal, fueron seleccionadas 53 llamas del tipo Q'ara e Intermedia de la Unidad Productiva de Conservación *in situ* de llamas de la familia Ayaviri, ubicada en la comunidad de Challacollo, municipio de Llica, Potosí, Bolivia. De cada llama seleccionada, se extrajo una muestra de fibra de la zona del costillar medio del animal. Las muestras de fibra fueron divididas en dos porciones iguales. En una porción se realizó el descordado mediante el método manual (tacto-visual) y en la otra no se efectuó el descordado. Posteriormente se realizó la determinación del diámetro de fibra, porcentaje de medulación, porcentaje de confort y longitud de mecha de cada animal. El color de fibra fue determinado mediante una carta de colores que utiliza la industria textil. El peso vivo, perímetro torácico, altura a la cruz y grupa, largo de cuerpo y cuello y ancho de anca de llamas machos y adultos fueron significativamente superiores al de llamas hembras y adultas. Asimismo, las llamas machos de ambos tipos de animales (Q'ara e Intermedia) obtuvieron valores superiores de peso vivo y perímetro torácico al registrado por llamas hembras. Las llamas hembras ($24.3 \pm 3.1 \mu\text{m}$) obtuvieron un diámetro de fibra inferior a los animales machos ($24.8 \pm 2.3 \mu\text{m}$). Las crías de llamas tuvieron un diámetro de fibra, porcentaje de medulación y longitud de mecha inferior a los animales jóvenes y adultas. El proceso de descordado tacto-visual mejoró la calidad de la fibra de llama en razón del menor diámetro, menor contenido de fibras meduladas y mayor porcentaje de confort. Las llamas Intermedias tuvieron una longitud de mecha ($11.6 \pm 2.6 \text{ cm}$) mayor a la Q'aras ($6.9 \pm 0.9 \text{ cm}$). En las llamas seleccionadas se encontraron 13 tonalidades de color, permitiendo a los artesanos y la industria textil y manufactura tener mayor variabilidad de combinación de colores naturales.

Palabras clave: Llama, Q'ara, Intermedia, fibra, descordado

Abstract

With the purpose of determining the physical characteristics of the fiber and the morphological characteristics of the animals, 53 llamas of the types Q'ara and Intermedio from the *in situ* Conservation Productive Unit of llamas belonging to the Ayaviri family, in the community of Challacollo, Llica municipality, Potosí, Bolivia were selected. From each selected llama, samples of fiber were extracted from the middle ribs section. The samples were divided in two equal portions. With one portion, the process of de-hairing was performed using the tacto-visual method and with the other portion it was not performed. The measurement of fiber diameter, modulation percentage, comfort percentage and staple length was performed for each animal. Fiber color was determined with a color chart used by the textile industry. Liveweight, torax perimeter, withers height, croup height, body length, neck length and rump widths in adult male llamas were significantly larger compared to female adults. Also, male llamas of both types had greater liveweight and torax perimeter than females of both types. Female llamas ($24.3 \pm 3.1 \mu\text{m}$) had a fiber diameter inferior to that of male animals ($24.8 \pm 2.3 \mu\text{m}$). Calves had a fiber diameter, modulation percentage and staple length inferior to those of young and adult animals. The process of tacto-visual de-hairing improved the quality of the fiber of llamas due to the smaller diameter, less content of medulated fibers and greater percentage of comfort. Llamas of the type Intermedia had a staple length ($11.6 \pm 2.6 \text{ cm}$) greater than that of the Q'ara type ($6.9 \pm 0.9 \text{ cm}$). In the selected llamas 13 color tones were found, which allow artisans and textile industries to have greater variability in the combination of natural colors.

Keywords: Llama, Q'ara, Intermedia, fiber, de-hairing



Introducción

El Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF), a través de la Unidad de Recursos Genéticos de la Dirección Nacional de Investigación, actualmente desarrolla acciones de conservación *in situ* de alps y llamas en diferentes regiones de Bolivia donde se presenta riesgo de erosión genética o reducción de la variabilidad genética del ganado camélido, siendo los criadores o Unidades Productivas los actores principales en la conservación de estos Recursos Zoogenéticos.

En la región intersalar de Uyuni, habitan llamas Q'aras e Intermedias muy peculiares de la región. Sin embargo, debido a la creciente demanda internacional de la quinua en los últimos tiempos, se ha incrementado la frontera agrícola y consecuentemente se han reducido las áreas de pastoreo para el ganado camélido, ocasionando el aumento del porcentaje de saca de llamas (30-40%) y provocando una disminución de la población camélida y consecuentemente reducción de la producción de abono para la fertilización del cultivo de la quinua.

Ante esta situación adversa para la población de llamas de la región intersalar de Uyuni, el INIAF cuenta con una Unidad Productiva de Conservación *in situ* de llamas del tipo Q'ara e Intermedia, localizada en la comunidad de Challacollo, municipio de Llica, departamento de Potosí.

En la llama (*Lama glama* L.) no se han definido razas, sino que se maneja la denominación de “tipos”. Para el presente estudio se utiliza la diferenciación de tres tipos: “T'amphulli”, con características zootécnicas específicas para la producción de fibra, debido a la mayor cobertura de fibra que posee, desde las cañas del animal hasta las orejas; “Q'ara”, con características muy distintas al anterior, pues la fibra es corta y además posee cerdas gruesas, por lo que su potencial es más para la producción de carne; “Intermedio”, con características no definidas,

es decir no posee tanta fibra como “T'amphulli” ni es tan pelada como “Q'ara”.

El presente estudio permitirá conocer las características morfológicas y físicas de la fibra que expresan la capacidad genética de producción de fibra y carne de llamas del oeste de la región del intersalar de Uyuni, para lo cual se han planteado los objetivos de determinar el efecto de tipo de animal, sexo y edad sobre índices zoométricos de llamas conservadas en condición *in situ*, el efecto de sexo y edad sobre características de fibra descordada y no descordada de las mismas llamas y establecer la variabilidad de la tonalidad de color de vellón de las llamas seleccionadas para su conservación *in situ*.

Materiales y métodos

El presente trabajo se realizó en la Unidad Productiva de Conservación *in situ* de llamas de la familia Ayaviri, situada en la comunidad de Challacollo, municipio de Llica, provincia Daniel Campos, departamento de Potosí. Esta comunidad se encuentra ubicada en las coordenadas 19°46'01” de latitud sur y 68°21'48” de longitud oeste, a una altitud de 3704 msnm. Está caracterizada por un clima frígido con temperaturas que fluctúan entre 2°C en invierno y 15°C en verano con precipitaciones pluviales inferiores a 200 mm·año⁻¹. La fuente principal de alimentación de las llamas que habitan esta región son los pastos nativos.

Se seleccionaron y caravanearon 53 llamas del tipo Q'ara e Intermedia, de ambos sexos, de diferentes edades y colores para su conservación en condición *in situ* (Figura 1).

En los animales seleccionados se realizó la caracterización morfológica, para ello se realizaron las siguientes medidas zoométricas (Figura 2):

- a) **Perímetro torácico**, medido con una cinta métrica alrededor del tórax, al mismo nivel de la altura a la cruz y el esternón.



Figura 1. Llamas del tipo Q'ara (izquierda) y de tipo Intermedio (derecha) pertenecientes a la Unidad de Conservación in situ de la comunidad de Challacollo, Potosí

- b) **Altura a la cruz**, medida con una regla camelímetro desde la superficie del suelo hasta el punto de la cruz del tronco.
- c) **Altura a la grupa**, medida con una regla camelímetro desde la superficie del suelo hasta el hueso coxal.
- d) **Longitud de cuerpo**, medida mediante una cinta métrica, desde la articulación esca-po-humeral a la tuberosidad del isquion, en forma diagonal.
- e) **Longitud de cuello**, medida con una cinta métrica, desde la articulación atlanto-occipital a la séptima vértebra en su unión en el tórax.
- f) **Ancho de anca**, medido con una regla camélimetro, considerando la distancia entre las articulaciones coxo-femorales.
- g) **Peso vivo del animal**, registrado en una balanza electrónica de capacidad de 2.000 Kg con una precisión de 100 g.

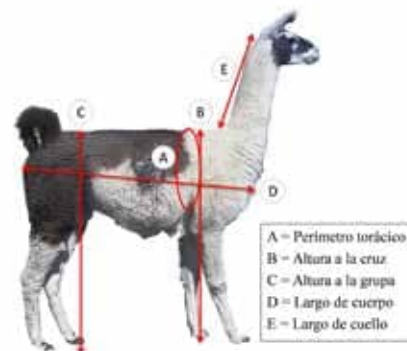


Figura 2. Medidas zoométricas en la llama (*Lama glama* L.)



Para la determinación de las características físicas de la fibra, de cada llama se extrajo una muestra de fibra de la zona del costillar medio del animal la cual fue guardada en una bolsa de nylon debidamente identificada. Posteriormente, las muestras de fibra fueron llevadas al laboratorio de fibras de camélidos del Programa Regional de Camélidos (PRORECA) para su análisis. En el laboratorio, cada muestra de fibra fue divididas en dos partes iguales, en una se realizó el descordado mediante el método manual (tacto-visual) y en la otra no se efectuó el descordado.

El diámetro de fibra, porcentaje de medulación y porcentaje de confort fueron medidos en un microscopio de proyección, de acuerdo a recomendaciones de la American Society for Testing of Materials (ASTM, 1982). La longitud de mecha fue medida también siguiendo el método sugerido por la ASTM. El color de fibra fue determinado mediante una carta de colores utilizada rutinariamente por la industria textil.

El análisis estadístico fue realizado mediante el método de mínimos cuadrados usando un modelo lineal factorial.

Resultados y discusión

Peso vivo

El peso vivo (Cuadro 1) fue influenciado significativamente ($p < 0.01$) por el sexo, la edad y la interacción sexo por edad. El promedio general del peso vivo de animal fue de 95.2 ± 9.0 Kg. El peso vivo de las llamas machos (98.7 ± 26.0 Kg) fue superior al de las llamas hembras (94.4 ± 29.8 Kg). Este resultado es consistente con trabajos de investigación realizados previamente, por ejemplo, Parra (1999), en un estudio en llamas de la región de Charaña, La Paz, también encontró que el peso vivo de llamas machos (74.9 Kg) era superior al de hembras (72.2 Kg). El mayor peso vivo en machos se debe a efectos fisiológicos y hormonales que influyen en el sexo (Flores, 1988). Efectivamente esta variación puede deberse a que los machos solo producen carne y fibra, mientras las hembras adicionalmente cumplen diferentes funciones fisiológicas (gestación, lactancia, producción, etc.).

Las llamas adultas (3 años y mayores a 3 años) tuvieron un promedio de peso vivo de 121.4 ± 12.6 Kg. Este valor es significativamente

Cuadro 1. Mínimos cuadrados de peso vivo, perímetro torácico, altura a la cruz, altura a la grupa, largo de cuerpo, ancho de anca y largo de cuello según efectos principales.

Efectos principales	Peso vivo (Kg)	Perímetro torácico (cm)	Altura a la cruz (cm)	Altura a la grupa (cm)	Largo de cuerpo (cm)	Ancho de anca (cm)	Largo de cuello (cm)
Tipo de animal							
Q'ara	89.4 a	107.3 a	99.0 a	102.4 a	96.1 a	25.1 a	55.1 a
Intermedia	102.7 a	116.8 b	101.6 a	105.3 a	102.4 a	26.1 a	56.3 a
Sexo							
Hembra	94.4 a	110.8 a	99.7 a	103.3 a	98.5 a	25.4 a	55.6 a
Macho	98.7 b	114.3 b	102.3 b	105.4 b	100.8 b	26.5 b	55.7 a
Edad							
Cría	43.1 a	81.70 a	86.9 a	89.5 a	79.5 a	19.8 a	46.8 a
Joven	99.7 b	114.18 b	101.9 b	105.3 b	100.1 b	26.3 b	56.8 b
Adulto	121.4 c	126.00 c	105.7 c	109.9 c	109.5 c	28.0 c	59.1 c
Tipo X Sexo							
Q'ara x Hembra	87.7 a	105.9 a	98.2 a	101.7 a	95.2 a	24.9 a	54.9 a
Q'ara x Macho	94.8 b	111.9 a	101.6 a	104.6 a	99.1 a	25.9 a	55.8 a
Intermedia x Hembra	101.8 a	116.2 a	101.3 a	104.9 a	102.0 a	25.9 a	56.3 a
Intermedia x Macho	112.2 b	123.0 b	105.0 a	108.5 a	106.5 a	28.7 b	55.5 a
Tipo x edad							
Q'ara x Cría	44.0 a	81.9 a	87.3 a	89.9 a	80.4 a	19.9 a	46.9 a
Q'ara x Joven	96.9 b	112.6 b	101.7 b	105.1 b	98.7 b	26.2 b	56.9 b

Cuadro 1. Mínimos cuadrados de peso vivo, perímetro torácico, altura a la cruz, altura a la grupa, largo de cuerpo, ancho de anca y largo de cuello según efectos principales.

Efectos principales	Peso vivo (Kg)	Perímetro torácico (cm)	Altura a la cruz (cm)	Altura a la grupa (cm)	Largo de cuerpo (cm)	Ancho de anca (cm)	Largo de cuello (cm)
Q'ara x Adulta	133.0 c	126.5 c	107.0 c	111.1 c	111.5 c	29.1 c	60.5 c
Intermedia x Cría	41.0 a	81.3 a	86.0 a	88.7 a	77.3 a	19.7 a	46.7 a
Intermedia x Joven	105.5 d	117.6 d	102.4bc	105.7 b	103.1 d	26.5 b	56.5 b
Intermedia x Adulta	117.2 c	125.8 c	105.3 c	109.4 c	108.7 c	27.6 c	58.6bc
Sexo x Edad							
Hembra x Cría	41.5 a	81.1 a	86.2 a	88.8 a	78.8 a	19.7 a	46.5 a
Hembra x Joven	100.5 b	113.7 b	101.6 b	105.2 b	100.0 b	26.1 b	57.2 b
Hembra x Adulta	119.4 c	125.6 c	105.5 c	109.7 c	108.8 c	27.9 c	58.9cb
Macho x Cría	57.0 d	87.0 a	93.0 b	96.0 b	86.0 a	21.0 a	49.5 a
Macho x Joven	97.2 b	115.7 b	102.7bc	105.7bc	100.3 b	26.8 c	55.7 b
Macho x Adulto	150.5 f	132.0 c	109.0 c	113.0 c	119.0 d	29.5 c	62.0 b

Cría: Animal menor a 8 meses de edad; Joven: Llama de 9 meses a 2 años de edad; Adulta: Animal de 3 o mas años de edad.

superior al de los animales jóvenes (9 meses a 2 años) y crías (menores a 8 meses) que tuvieron un peso vivo de 99.7 ± 10.3 y 43.7 ± 8.1 Kg, respectivamente. El peso vivo de llamas hembras adultas (119.3 ± 10.0 Kg) fue superior al peso vivo de las llamas hembras jóvenes (100.5 ± 9.5 Kg) y crías hembras (41.5 ± 6.9 Kg). De igual manera, los machos adultos (150.5 ± 1.0 Kg) tuvieron un peso superior a los machos jóvenes (97.2 ± 12.7 Kg) y crías machos (57.0 ± 1.0 Kg).

Perímetro torácico

En lo que respecta al perímetro torácico (Cuadro 1), se observó un efecto altamente significativo ($p < 0.01$) del sexo y la edad. El tipo de animal tuvo un efecto significativo ($p < 0.05$). El promedio general de perímetro torácico fue de 111.4 ± 4.3 cm.

El perímetro torácico de las llamas machos (114.3 ± 12.7 cm) fue superior al de hembras (110.8 ± 16.7 cm). El perímetro torácico obtenido para animales adultos fue de 126.0 ± 5.0 cm, estadísticamente superior al de llamas jóvenes (114.2 ± 4.1 cm) y crías (81.7 ± 5.6 cm). Similares tendencias han sido reportadas previamente (Parra, 1999), 102.6 cm para llamas mayores a 4 años de edad, 101.8 cm para animales de 3 a 4 años y 93.8 cm para llamas menores a 2 años. Entre tanto, el perímetro torácico de las llamas tipo Intermedio (116.8 ± 15.2 cm) fue superior al de los animales tipo Q'ara (107.3 ± 15.5 cm).

Altura a la cruz

La altura a la cruz (Cuadro 1) fue influenciada significativamente ($p < 0.01$) por la edad, asimismo el sexo tuvo un efecto significativo ($p < 0.05$). El promedio general de la altura a la cruz fue de 100.2 ± 3.2 cm. Este valor es superior al reportado por Parra (1999), quien encontró una altura a la cruz de 95.9 cm. La altura a la cruz de las llamas adultas fue de 105.7 ± 2.9 cm, valor significativamente superior estadísticamente al de las llamas jóvenes y crías (101.9 ± 2.5 y 86.0 ± 5.2 cm, respectivamente). En tanto los machos (102.3 ± 4.7 cm) tuvieron una altura a la cruz superior a la de las llamas hembras (99.7 ± 7.8 cm).

Altura a la grupa

La altura a la grupa fue significativamente ($p < 0.01$) afectada por la edad. El sexo tuvo un efecto significativo ($p < 0.05$). El promedio general de la altura a la grupa fue de 103.6 ± 3.3 cm. Este valor es inferior al reportado por Parra (1999), quien encontró una altura a la grupa de 99.4 cm en llamas de la región de Charaña, La Paz.

Las llamas adultas alcanzaron una altura a la grupa de 109.9 ± 3.1 cm, superior al registrado por llamas jóvenes (105.3 ± 2.4 cm) y crías (89.5 ± 5.4 cm). Los animales machos (105.4 ± 4.9 cm) tuvieron una altura a la grupa superior a las llamas hembras (103.3 ± 8.3 cm).

Largo de cuerpo

En referencia al largo de cuerpo (Cuadro 1), se observó un efecto altamente significativo ($p<0.01$) de la edad. Entre tanto, el sexo tuvo un efecto significativo ($p<0.05$). El promedio general de largo de cuerpo fue de 98.9 ± 5.1 cm. El largo de cuerpo de llamas adultas fue de 109.5 ± 5.7 cm, valor superior a los animales jóvenes y crías (100.1 ± 4.4 y 79.5 ± 7.1 cm, respectivamente). Las llamas machos tuvieron un largo de cuerpo (100.8 ± 9.5 cm) superior a animales hembras (98.5 ± 11.9 cm).

Ancho de anca

El ancho de anca de llamas, fue influenciado significativamente ($p<0.01$) por la edad. El sexo tuvo un efecto significativo ($p<0.05$). El promedio general de ancho de anca de llamas fue de 25.5 ± 1.3 cm. El ancho de anca de las llamas machos (26.5 ± 2.5 cm) fue superior al de los animales hembras (25.4 ± 3.3 cm). Asimismo, las llamas adultas presentaron un ancho de anca de 28.0 ± 1.5 cm, superior al registrado por llamas jóvenes (26.3 ± 1.2 cm) y crías (19.8 ± 1.5 cm).

Largo de cuello

El largo de cuello fue afectado significativamente ($p<0.01$) por la edad. El promedio general de largo de cuello fue de 55.6 ± 2.9 cm. Las llamas adultas alcanzaron un largo de cuello de 59.1 ± 3.0 cm, superior al registrado por llamas jóvenes (56.8 ± 2.9 cm) y crías (46.8 ± 2.6 cm).

Diámetro de fibra

El diámetro de fibra (Cuadro 2), fue influenciado significativamente ($p<0.01$) por el tratamiento (descerda y sin descerda). El sexo, la edad y la interacción tipo de animal por sexo tuvieron un efecto significativo ($p<0.05$). El promedio general de diámetro de fibra fue de 24.4 ± 2.3 μm . Asimismo, el diámetro promedio de fibra descerda fue de 22.8 ± 2.3 μm , inferior al registrado para fibra sin descerda (25.9 ± 2.9 μm). Estos resultados son inferiores a los reportados por Cochi (1999) en llamas de la comunidad de Phujrata (27.9 μm para fibra descerda

y 29.6 μm para fibra sin descerda). Las llamas hembras (24.3 ± 3.1 μm) registraron un diámetro de fibra inferior a los animales machos (24.8 ± 2.3 μm). Las crías de llamas (22.9 ± 2.2 μm) tuvieron un diámetro de fibra, inferior a los animales jóvenes (24.3 ± 2.6 μm) y adultas (25.4 ± 3.6 μm).

En la interacción tipo por sexo, las llamas Q'aras hembras registraron un diámetro de fibra de 24.7 ± 2.8 μm , valor inferior a las llamas machos del mismo tipo de animal (25.0 ± 2.8 μm). El diámetro de fibra obtenido por las llamas Intermedias hembras (23.9 ± 3.4 μm) tuvieron un valor inferior a las llamas Intermedias machos (24.6 ± 1.5 μm).

Medulación de la fibra

Sobre el porcentaje de medulación (Cuadro 2), se observó un efecto significativo ($p<0.05$) del tratamiento y la interacción tipo de animal por sexo. El promedio porcentual de fibras meduladas fue de $39.8\pm17.7\%$. El porcentaje de medulación de fibra descerda fue de $34.2\pm17.2\%$, inferior al registrado para fibra sin descerda ($45.4\pm20.9\%$). Estos resultados son inferiores a los reportados por Cochi (1999), para llamas de la comunidad de Phujrata (51.7% para fibra descerda y 57.5% para fibra sin descerda).

En la interacción tipo de animal por sexo, las llamas Q'aras hembras obtuvieron un porcentaje de medulación de $44.9 \pm 20.2 \%$, valor superior a los animales machos del mismo tipo de animal ($39.9 \pm 15.0 \%$). Las llamas Intermedias hembras tuvieron un porcentaje de medulación ($35.2 \pm 20.0 \%$) superior a animales Intermedias machos ($34.6 \pm 12.0 \%$) (ver Cuadro 2).

Porcentaje de confort (grado de picazón)

El porcentaje de confort de fibra (grado de picazón en contacto con la piel) fue influenciado significativamente ($p<0.01$) por el tratamiento. La interacción tipo de animal por sexo, tuvo un efecto significativo ($p<0.05$). El promedio general del porcentaje de confort fue de $88.9\pm7.6\%$. Esto significa que existen 88.9% de fibras por debajo de 30 μm . El requerimiento de la indus-

Cuadro 2. Mínimos cuadrados de diámetro de fibra, porcentaje de medulación, porcentaje de confort y longitud de mecha según efectos principales.

Efectos Principales	Diámetro (m)	Medulación (%)	Confort (%)	Longitud de mecha (cm)
Tipo de animal				
Q'ara	24.7 ± 2.7 a	44.2 ± 19.5 a	88.9 ± 6.9 a	6.9 ± 0.9 a
Intermedia	23.9 ± 3.3 a	35.1 ± 19.4 a	88.8 ± 9.7 a	11.6 ± 2.6 b
Sexo				
Hembra	24.3 ± 3.1 a	40.0 ± 20.6 a	89.1 ± 8.6 a	9.3 ± 3.2 a
Macho	24.8 ± 2.3 b	37.5 ± 13.4 a	87.1 ± 6.1 a	8.4 ± 1.2 a
Edad				
Cría	22.9 ± 2.2 a	32.7 ± 12.9 a	92.0 ± 4.5 a	7.9 ± 1.9 a
Joven	24.3 ± 2.6 b	38.8 ± 21.7 a	89.1 ± 5.9 a	8.2 ± 1.9 a
Adulto	25.4 ± 3.6 c	45.9 ± 19.6 b	86.5 ± 12.1 a	11.5 ± 3.8 b
Tratamiento				
Sin descender	25.9 ± 2.9 a	45.4 ± 20.9 a	92.4 ± 5.8 a	----
Descerdado	22.8 ± 2.3 b	34.2 ± 17.2 b	85.4 ± 9.1 b	----
Tipo X Sexo				
Q'ara x Hembra	24.7 ± 2.7 a	44.9 ± 20.2 a	88.9 ± 7.1 a	6.8 ± 0.9 a
Q'ara x Macho	24.9 ± 2.8 a	39.4 ± 14.9 a	89.4 ± 6.2 a	7.5 ± 0.4 a
Intermedia x Hembra	23.9 ± 3.4 b	35.2 ± 20.0 b	89.4 ± 9.9 a	11.8 ± 2.7 b
Intermedia x Macho	24.6 ± 1.5 a	34.6 ± 12.0 b	83.5 ± 4.4 b	9.7 ± 0.3 b
Tipo x Edad				
Q'ara x Cría	23.5 ± 2.2 a	37.8 ± 10.8 a	91.8 ± 4.9 a	6.8 ± 0.9 a
Q'ara x Joven	25.1 ± 2.6 b	45.8 ± 23.1 a	88.4 ± 5.9 a	6.9 ± 0.9 a
Q'ara x Adulta	25.7 ± 3.5 b	50.1 ± 17.4 a	86.0 ± 11.4 a	7.0 ± 0.7 a
Intermedia x Cría	21.4 ± 1.3 a	20.7 ± 9.2 b	92.5 ± 3.6 a	10.5 ± 0.4 b
Intermedia x Joven	23.1 ± 2.1 a	28.6 ± 14.8 b	90.2 ± 5.9 a	10.1 ± 1.2 b
Intermedia x Adulto	25.3 ± 3.8 b	44.4 ± 20.5 a	86.7 ± 12.6 a	13.2 ± 2.9 d

Cría: Animal menor a 8 meses de edad; Joven: Llama de 9 meses a 2 años de edad; Adulta: Animal de 3 o más años de edad.

tria textil es por encima del 95% (valor mínimo permisible). El porcentaje de confort de fibra descerdada fue de $92.4 \pm 5.8\%$. Este valor es superior al de la fibra sin descerdar ($85.4 \pm 9.1\%$). De acuerdo a estos resultados, se puede inferir que el proceso de descerdado mejora el porcentaje de confort, por tanto produce menos efecto de picazón cuando se elabora una prenda textil. Asimismo, en la interacción tipo de animal por sexo, las llamas Q'aras hembras obtuvieron un porcentaje de confort de $88.9 \pm 7.1\%$, valor inferior al de las llamas Q'aras machos ($89.4 \pm 6.2\%$). El porcentaje de confort de llamas Intermedias hembras fue de $89.4 \pm 9.9\%$, resultado superior respecto a las llamas machos del mismo tipo de animal ($83.5 \pm 4.4\%$).

Longitud de mecha

La longitud de mecha (Cuadro 2) fue afectada significativamente ($p < 0.01$) en el tipo de animal

y la interacción tipo de animal por edad. La longitud de mecha promedio obtenida fue de 9.2 ± 1.7 cm. Este valor es superior al reportado por Rodríguez (1981), quien encontró un promedio de 8.3 ± 0.7 cm en llamas de la Estación Experimental de Patacamaya. Con relación al tipo de animal, las llamas Intermedias tuvieron una longitud de mecha (11.6 ± 2.6 cm) mayor a las Q'aras (6.9 ± 0.9 cm). La diferencia de longitud de mecha a favor de las llamas Intermedias es debida a las características de este tipo de animal. En la interacción tipo de animal por edad, las crías de llamas Q'aras obtuvieron una longitud de mecha similar a las Q'aras jóvenes (6.8 ± 0.8 y 6.9 ± 0.9 cm, respectivamente). Entre tanto, las llamas Q'aras adultas tuvieron una longitud de mecha de 7.0 ± 0.7 cm). Las crías de llamas Intermedias tuvieron una longitud de mecha (10.5 ± 0.4 cm) similar a animales jóvenes del mismo tipo de animal (10.1 ± 1.2 cm).



Asimismo, las llamas Intermedias adultas tuvieron una longitud de mecha de 13.2±2.9 cm.

Características físicas de fibra descerdada y sin descerder

Los valores para fibra descerdada y sin descerder se muetsran en el Cuadro 3. El diámetro de fibra descerdada (22.8±2.2 µm) fue menor en 3.04 µm con relación con la fibra sin descerder (25.9±2.9 µm). El porcentaje de medulación de fibra descerdada fue menor (34.2±17.2%) con relación a la fibra sin descerder (45.4±20.9%). Los valores referidos evidencian que el proceso de descerdo tacto-visual mejora la calidad de la fibra de llama en razón del menor diámetro y menor contenido de fibras meduladas. El porcentaje de confort de fibra descerdada (92.4±5.7%) fue mayor en 7.06% con relación con la fibra sin descerder (85.4±9.1%). El proceso de descerdo mejora sustancialmente el porcentaje de confort.

Cuadro 3. Valores de diámetro, porcentaje de medulación y porcentaje de confort de fibra de llama sin descerder y descerdada. Se muestran los valores promedio y la desviación estándar

Tratamiento	n	Diámetro (m)	Medulación (%)	Confort (%)
Sin descerdo	47	25.9±2.9	45.4±20.9	85.4±9.1

Descerdo	47	22.8±2.2	34.2±17.2	92.4±5.7
Diferencia		3.1	11.2	7.0

Variabilidad de color de vellón de llamas

La variabilidad de color de las llamas seleccionadas se muestra en la Figura 3. Se muestra la frecuencia de los colores encontrados en la Unidad Productiva de Conservación *in situ*. Se observa predominio del color Blanco con el 23.4%, seguido por el Gris Medio con el 19.1%, el Gris Claro con el 17.0%, el Rosillo Claro, Rosillo Medio, Blanco Pintado Café y Blanco Pintado Negro, cada uno con el 6.4%, el Negro con el 4.3%, el Blanco Canoso Negro, Café Claro y Café Medio, Negro Punta Café y Rosillo Indefinido, cada uno con el 2.1%.

Conclusiones

Las medidas zoométricas fueron influenciadas significativamente por el sexo y la edad. Adicionalmente, los efectos de sexo, edad y tratamiento influyeron significativamente en el diámetro de fibra, obteniendo menor diámetro de fibra las llamas hembras y mayor diámetro de fibra los animales machos, asimismo las crías tuvieron un diámetro de fibra inferior a los animales jóvenes y adultos. Las llamas del tipo

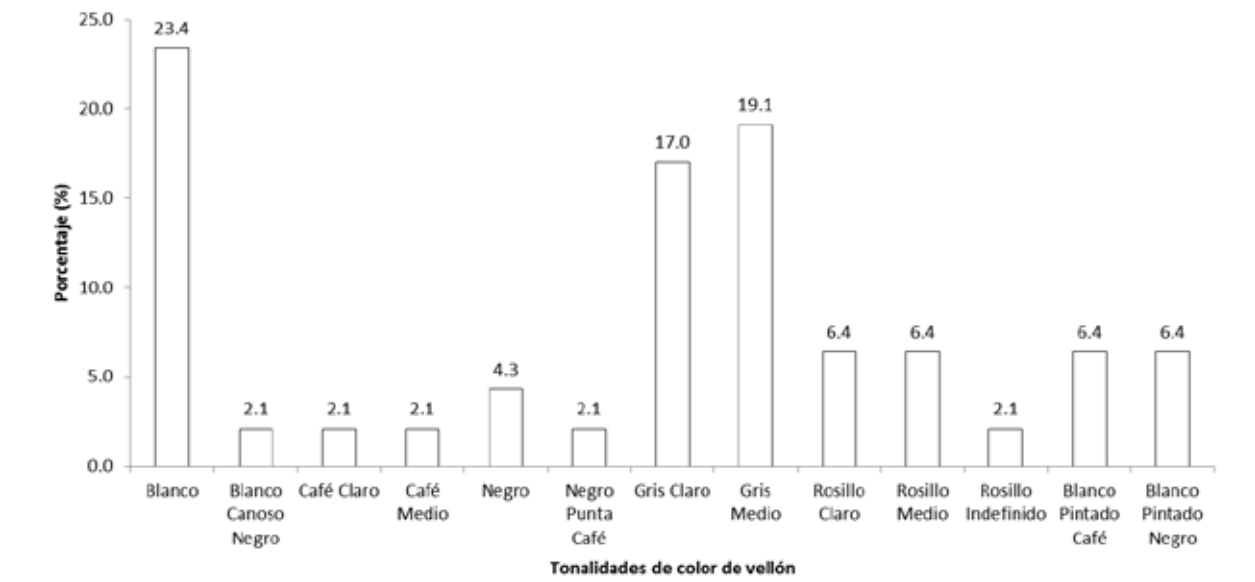


Figura 3. Variabilidad de color de vellón de llamas seleccionadas para su conservación en condición *in situ*

Intermedia tuvieron una longitud de mecha superior a las Q'aras, lo que permite su aprovechamiento eficiente en la industria textil.

En las llamas seleccionadas se encontraron trece tonalidades de color, permitiendo a los artesanos y la industria textil y manufactura tener mayor variabilidad de combinación de colores naturales.

El proceso de descordado tacto-visual mejoró la calidad de la fibra de llama en razón del menor diámetro, menor contenido de fibras meduladas y mayor porcentaje de confort, posibilitando los procesos de industrialización que permitan la obtención de hilados más uniformes y prendas finales de mejor calidad.

Las llamas Intermedias y Q'aras seleccionadas para su conservación en condición *in situ*, también presentaron características morfológicas sobresalientes para la producción de carne.

Referencias

1. ASTM (American Society for Testing of Materials). 1982. Standard test method for diameter of wool and other animal fibers by microproyección (D 2130-78). Textiles, fibers and zippers. Philadelphia, U.S.A.
2. ASTM (American Society for Testing of Materials). 1985. Standard method of Sampling and testing staple length for grease wool (D 1234-85). Textiles, fibers and zippers. Philadelphia, U.S.A.
3. Cochi, N. 1999. Determinación del rendimiento y calidad de la fibra descordada de llamas (*Lama glama* L.). La Paz, Bolivia. Tesis Ing. Agr. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia.
4. Carpio, M. 1991. Aspectos tecnológicos de la fibra de los camélidos andinos. *En Novoa C. y Florez A. Producción de rumiantes menores: Alpaca*. Lima, Perú.
5. Parra, G. 1999. Evaluación del potencial productivo de la llama (*Lama glama*), en la quinta sección municipal Charaña. Tesis Ing. Agr. Universidad Mayor de San Simón. Cochabamba, Bolivia.
6. Quispe, J., Rodríguez, T., Antonini, M., Martínez, Z. 2000. Clasificación y caracterización de fibra de llamas criadas en el altiplano sur de Bolivia. Facultad de Agronomía. UMSA. Proyecto SUPREME. La Paz, Bolivia.
7. Rodríguez, T. 1981. Importancia de la influencia de factores ambientales sobre algunos caracteres de producción de carne y lana en llamas. Tesis M. Cs. Colegio Post graduados. Chapingo, México.





Propagación *in vitro* de *Corryocactus pulquinensis* Cárdenas, *Cleistocactus candelilla* Cárdenas y *Echinopsis huotii* (F. Cels) Labour. subsp. *huotii*

Limber Guevara Salcedo¹, Giorjan Arnulfo Arancibia Padilla¹ y Edil Osinaga Rico²

¹Laboratorio de Biotecnología “Bolivian Cactus”, Área Protegida “Jardín de Cactáceas de Bolivia”, Green Cross Bolivia

²Programa “Manejo y Aprovechamiento Sostenible de Plantas Nativas y Endémicas (*Cactaceae*, *Bromeliaceae* y *Crassulaceae*)”, Green Cross Bolivia

Resumen

Se determinó los métodos de desinfección y de cultivo *in vitro* para 3 especies de cactáceas del Área Protegida “Jardín de Cactáceas de Bolivia (AP-JCB)”: *Corryocactus pulquinensis* Cárdenas, *Cleistocactus candelilla* Cárdenas y *Echinopsis huotii* (F. Cels) Labour subsp. *huotii*. La desinfección se logró aplicando soluciones de formol al 40% por 30 minutos, etanol al 80% por 1 minuto, benomyl por 30 minutos, lavandina al 2% por 15 minutos y enjuagando con agua destilada estéril. El desarrollo de brotes se logró con BAP (3 ml·L⁻¹) y carbón activado (1 g·L⁻¹) en una solución de medio MS (4.43 g·L⁻¹), ácido cítrico (300 mg·L⁻¹), sacarosa (30 g·L⁻¹) y agar (7 g·L⁻¹) a un pH de 5.8 a 5.5.

Abstract

The methods for disinfection and *in vitro* culture were determined for 3 species of Cactaceae from the protected area “Jardín de Cactáceas de Bolivia (AP-JCB)”: *Corryocactus pulquinensis* Cárdenas, *Cleistocactus candelilla* Cárdenas y *Echinopsis huotii* (F. Cels) Labour subsp. *huotii*. The disinfection was achieved applying solutions of 40% formaldehyde for 30 minutes, 80% ethanol for 1 minute, benomyl for 30 minutes, 2% bleach for 15 minutes and rinsing with sterile distilled water. The development of shoots was achieved with BAP (3 ml·L⁻¹) and activated charcoal (1 g·L⁻¹) in a solution of MS medium (4.43 g·L⁻¹), citric acid (300 mg·L⁻¹), sucrose (30 g·L⁻¹), and agar (7 g·L⁻¹) at a pH between 5.5 and 5.8.



Introducción

En el marco del Programa “Manejo y Aprovechamiento Sostenible de Plantas Nativas y Endémicas (*Cactaceae*, *Bromeliaceae* y *Crasulaceae*)”, cuyo objetivo es la producción de dichas especies nativas, con énfasis en el rescate de especies endémicas, utilizando las técnicas de micropropagación se realizó el presente trabajo de investigación. En este se reportan los resultados alcanzados en estudios sobre 3 especies que se describen a continuación. Dichos resultados son preliminares puesto que se continuará similar investigación con otras 6 especies nativas que se encuentran priorizadas en el Plan de Manejo.

La especie *Corryocactus pulquinensis* Cárdenas es una especie endémica de los valles cruceños y se encuentra mayormente alrededor de la población de Pulquina en el Municipio de Comarapa. Es un cactus con potencial ornamental por sus vistosas flores anaranjadas. Es una planta de hábito terrestre que alcanza los 3 a 4 m de largo, de ramas escandentes aunque poco ramificadas, tallos de 3 a 4 cm de diámetro, 4 a 5 costillas, areolas con 3 a 4 cm de distancia entre sí, 3 a 7 espinas no diferenciadas entre radiales y centrales de 0.5 a 2 cm de largo. La inflorescencia tiene a menudo de 3 a 6 flores agregadas cerca del ápice de las ramas, infundibuliformes acampanuladas, de color amarillo a anaranjado intenso y de 7 a 7.5 cm × 5 cm. El fruto es una baya, con espinas duras y escasos pelos blancos (Nee, 2004; Wood, 2005; Hunt, 2006). Esta

especie se desarrolla en laderas con vegetación semidensa, ya que requiere de semisombra para su establecimiento y desarrollo, así como humedad y suelos con materia orgánica.

La especie *Cleistocactus candelilla* Cárdenas es un cactus columnar de hábito arbustivo que se ramifica desde la base, con tallos que pueden medir desde 70 cm a 3 m y 2.5 a 5 cm de diámetro. Posee entre 10 a 17 costillas con 1 a 4 espinas centrales de 2 a 3 cm de largo y entre 8 a 18 espinas radiales de entre 50 mm y 2 cm en cada areola. Las flores son tubulares de unos 4 cm de largo, de color rojo púrpura y producen frutos también rojos o rosáceos. Crece en laderas con escasa vegetación y mayormente en sitios abiertos con elevada insolación.

La especie *Echinopsis huottii* (F. Cels) Labour. subsp. *huottii* es de amplia distribución ecológica y abundancia tanto en el Área Protegida “Jardín de Cactáceas de Bolivia” como en los valles cruceños, encontrándose desde los 1350 msnm hasta los 1900 msnm, en laderas y valles con vegetación abierta y semiabierto. Es frecuente encontrarla formada colonias o grupos de plantas casi amontonadas, debido a que su principal medio de propagación es a través de numerosos brotes que se desprenden continuamente, sumado a la producción de semillas.

Es un cactus terrestre, cespitoso, formando cojines de 30 a 40 cm de diámetro, tallo corto cilíndrico de 10 a 15 cm de alto aunque en un censo se registraron alturas de hasta 48 cm, con



numerosos hijuelos de 5 a 8 cm de diámetro, de 10 a 12 costillas, separadas en tubérculos y no agudas, areolas de 5 a 10 mm de distancia entre sí, circulares hasta elípticas de 4 mm de diámetro, espinas radiales de 5 a 11 mm de largo con una espina central de 15 a 20 mm de largo. La inflorescencia posee flores casi terminales color blanco, infundibuliformes, de 13 a 15 cm de largo. El fruto es una baya globosa verdosa, cubierta de pelos y 3 cm de diámetro (Nee, 2004; Wood, 2005; Hunt, 2006).

Materiales y Métodos

La investigación de las especies mencionadas fue realizada en el laboratorio de biotecnología “Bolivian Cactus”, que pertenece a la Asociación Comunitaria del mismo nombre en la localidad de Pulquina, Municipio de Comarapa del Departamento de Santa Cruz.

Etapas 1: Introducción y desinfección de material

Los materiales vegetales utilizados en esta fase fueron yemas apicales (areolas donde se inserta cada juego de espinas). Las plantas fueron colectadas de su hábitat natural, dentro del Área Protegida “Jardín de Cactáceas de Bolivia”. Tanto la investigación que corresponde a la propagación *in vitro* de las especies mencionadas como la producción futura cuentan con autorización de la Dirección General de Biodiversidad y Áreas Protegidas, en base a un Plan de Manejo aprobado, condicionado a resultados de los protocolos de producción *in vitro* para cada especie.

Para cada especie, se ensayaron 2 métodos de desinfección. El Método 1 consistió en el lavado de las plantas con agua de grifo, retirando todas las espinas de la misma. Seguidamente se sumergieron en Benomyl durante 30 minutos, para luego enjuagar con agua destilada. Como paso siguiente se desinfectaron las muestras con etanol durante 30 segundos, se enjuagaron con agua destilada, se introdujeron en lavandina al 2.2% por 15 minutos y se enjuagaron con agua destilada estéril por lo menos tres veces. El

Método 2 consistió en lavar la planta con agua de grifo, retirar todas las espinas, desinfectar con formol al 40% por 30 minutos, enjuagar con agua destilada, desinfectar con etanol al 80% por 1 minuto, enjuagar con agua destilada, desinfectar con Benomyl por 30 minutos, enjuagar con agua estéril, desinfectar con lavandina al 2% por 15 minutos, y enjuagar con agua estéril por lo menos tres veces.

Etapas 2: Fase de cultivo *in vitro*

Las areolas desinfectadas, fueron separadas de las plantas con ayuda de un bisturí, obteniendo entre 20 a 40 yemas por planta, hasta obtener la cantidad requerida para el ensayo.

Se diseñó un modelo experimental con 10 tratamientos. Cada tratamiento se formuló con el mismo medio basal (medio basal MS 4.43 g·L⁻¹, ácido cítrico 300 mg·L⁻¹, sacarosa 30 g·L⁻¹, agar 7 g·L⁻¹ y con un pH de 5.8 a 5.5). El detalle de los tratamientos en cuanto a la concentración de reguladores de crecimiento se muestra en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Detalle del contenido de reguladores de crecimiento utilizados en la formulación de los tratamientos para la introducción *in vitro* de las tres especies estudiadas.

Tratamiento	BAP ml·L ⁻¹	ANA ml·L ⁻¹	Carbon activado g·L ⁻¹
T0	0.0	0.0	0.0
T1	1.0	0.0	0.0
T2	1.5	0.0	0.0
T3	0.0	0.5	0.0
T4	1.0	0.5	0.0
T5	1.5	0.5	0.0
T6	0.0	1.0	0.0
T7	1.0	1.0	0.0
T8	1.5	1.0	0.0
Cac	3.0	0.0	1.0

Se evaluó el porcentaje de supervivencia en la primera generación de brotes generados

Resultados y discusión

De los 10 tratamientos ensayados con *Corryocactus pulquinensis* Cárdenas, el tratamiento Cac resultó en una supervivencia promedio de

25%, en la primera generación de brotes generados.

De igual manera, para *Cleistocactus candelilla* Cárdenas el tratamiento Cac se logró 30% de supervivencia promedio, en la primera generación de brotes generados.

Finalmente, para *Echinopsis huotii* (F. Cels) Labour. subsp. *huotii*, el tratamiento Cac, resultó en un 85% de supervivencia promedio de los brotes, habiéndose además logrado con esta especie 2 fases de multiplicación de brotes. La primera generación de brotes originados del material madre, demoró en promedio 53.5 días para estar en condiciones de realizar el primer corte y generar nuevas plántulas.

Aunque preliminares, de los resultados obtenidos se puede afirmar que el medio recomendado para las tres especies estudiadas consiste en sales MS 4.43 g·L⁻¹, ácido cítrico 300 mg·L⁻¹, sacarosa 30 g·L⁻¹, agar 7 g·L⁻¹, suplementado con BAP y carbón activado y con un pH de 5.8 a 5.5.

De las 3 especies estudiadas, *Echinopsis huotii* (F. Cels) Labour. subsp. *huotii* es la que mejor se adaptó a las condiciones de multiplicación *in vitro*, habiéndose logrado multiplicar brotes en dos ocasiones. En las especies *Corryocactus pulquinensis* Cárdenas y *Cleistocactus candelilla* Cárdenas no se llegó a la etapa de multiplicación de brotes.

Un problema importante para la micropropagación de cactáceas es el alto nivel de contaminación de las plantas silvestres con hongos y otros microorganismos al momento de su introducción al laboratorio, lo cual plantea un reto para lograr una adecuada desinfección. En el presente estudio se logró validar un método de desinfección que permitió la introducción exitosa de las especies a condiciones *in vitro*.

Otra dificultad observada en las especies estudiadas fue el lento desarrollo de los explantes en laboratorio. Por ejemplo, para el caso de

Corryocactus pulquinensis Cárdenas, el tiempo transcurrido entre el momento de establecer el material vegetal y el momento de realizar la primera multiplicación o corte de los explantes fue de 469 días.

Agradecimientos

La presente investigación fue realizada en el marco del Programa “Manejo y Aprovechamiento Sostenible de Plantas Nativas y Endémicas (Cactaceae, Bromeliaceae y Crassulaceae)”, ejecutado por Green Cross Bolivia y financiado por la Fundación PUMA, cuyo apoyo se agradece enormemente.

Referencias

1. Foster, R. C. 1958. A catalogue of the ferns and flowering plants of Bolivia. Contr. Gray Herb. 184: 1–223.
2. Killeen, T.J., García Estigarribia, E., Beck, S. (eds.) 1993. Guía Arb. Bolivia 1–958. Herbario Nacional de Bolivia & Missouri Botanical Garden, La Paz.
3. Navarro, G. 1996. Catálogo ecológico preliminar de las cactáceas de Bolivia. Lazaroa 17: 33–84.
4. Lazarte, M.C., Linneo, I.F., Osinaga, R.E. 2010. Estudio de Abundancia y Estructura Poblacional de Especies de Interés en el Área Protegida Municipal “Jardín De Cactáceas de Bolivia”, Cantón Pulquina, Santa Cruz – Bolivia. Green Cross Bolivia-MHNNKM
5. Lazarte, M.C., Linneo, I.F., Osinaga, R.E. 2010. Informe Sobre Taxonomía de Especies de Interés en el Área Protegida Municipal “Jardín De Cactáceas de Bolivia”, Cantón Pulquina, Santa Cruz – Bolivia. Green Cross Bolivia-MHNNKM.
6. MHNNKM-KEW. 2009. Vegetación del Jardín de Cactáceas de Bolivia. Santa Cruz, Bolivia.



Composición, estructura y factores asociados a la abundancia de regeneración natural del bosque de neblina al Noroeste de Independencia – Ayopaya

Grover Lisperguer¹, Fimo Alemán², Ariel Ayma³, Edwards Sanzetenea², Víctor García⁴

¹Fundación para la Auto Gestión y el Medio Ambiente (FUPAGEMA), Calle Hamiraya N 127, Casilla 1727, Cochabamba, Bolivia

²Escuela de Ciencias Forestales (ESFOR), Universidad Mayor de San Simón (UMSS), Final Av. Atahualpa, Casilla 447, Cochabamba, Bolivia

³Profesional Independiente

⁴Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal, Av. Blanco Galindo Km 5.5, Casilla 832, Cochabamba, Bolivia

*Autor para correspondencia: vicedu020@gmail.com

Resumen

El objetivo del presente estudio fue analizar la composición, estructura y los factores asociados a la abundancia de regeneración natural de las poblaciones arbóreas nativas en la zona noroeste del municipio de Independencia. Se observó que la composición florística del estrato arbóreo estuvo comprendida por 30 especies pertenecientes a 13 familias. Las especies con el Índice de Valor de Importancia (IVI) más alto fueron *Podocarpus glomeratus*, *Styloceras columnare*, *Polylepis racemosa subsp. lanata* y *Ocotea sp.* La abundancia general de especies encontradas durante la evaluación fue de 410 individuos·ha⁻¹. La abundancia de la regeneración natural de todas las especies alcanzó un total de 11135 individuos·ha⁻¹. No existieron diferencias significativas en la abundancia de platines de regeneración entre bosques intervenidos y poco intervenidos. La profundidad del humus fue la única variable independiente que pudo explicar la mayor cantidad de plantines realizando el análisis de regresión múltiple (p=0.0156).

Abstract

The objective of this study was to analyze the composition, structure and the factors associated to abundance of natural regeneration of native tree populations in the Northwestern zone of the municipality of Independencia. It was observed that the floristic composition of the arboreal stratum included 30 species from 13 families. The species with the higher Importance Value Index (IVI) were *Podocarpus glomeratus*, *Styloceras columnare*, *Polylepis racemosa subsp. lanata* and *Ocotea sp.* The general abundance of species found during the evaluation was 410 individuals·ha⁻¹. The abundance of natural regeneration of all the species reached a total of 11135 individuals·ha⁻¹. There were no significant differences in abundance of natural regeneration seedlings between intervened forest and less intervened forest. Humus depth was the only independent variable that could explain a larger amount of seedlings after performing multiple regression analysis (p=0.0156).



Introducción

Los bosques montanos tropicales son ecosistemas frágiles que contienen una diversidad biológica caracterizada por su alto grado de singularidad y rareza. Estos ecosistemas únicos se encuentran seriamente amenazados en toda su distribución.

El alto nivel de vulnerabilidad frente a los cambios globales (cambio climático y las dinámicas de cambios de cobertura y uso de la tierra) requiere de acciones urgentes para promover su conservación, no sólo debido a su enorme riqueza biológica, sino porque juegan un papel fundamental en el mantenimiento y abastecimiento de agua de la cual dependen más de 40 millones de personas en los Andes Tropicales. (Cuesta et al., 2009).

La conversión de las áreas de bosques naturales de la zona andina hacia otras formas de uso de la tierra ha provocado que estos bosques disminuyan rápidamente, aumentando así los problemas para la población campesina respecto a su aprovisionamiento de insumos locales, olvidando el aprovechamiento integral que antiguamente se tenía (Trond, 1996).

En el municipio de Independencia, la pérdida de la masa boscosa va aumentando de manera alarmante cada año. Esto se debe a la alta intervención antrópica que sufren estos bosques. La zona agrícola en las comunidades aledañas a los bosques nativos del municipio se encuentra en progresivo avance iniciándose un proceso de fragmentación y pérdida del hábitat para especies locales.

La zona norte de Independencia, presenta bosques de neblina entre los 2500 a 3400 msnm. Los estudios de vegetación en la zona aún son insuficientes para comprender la estructura, composición y los factores asociados a la presencia de regeneración natural, un componente necesario para el manejo forestal sostenible. Según Navarro (2005) citado por Ayma (2009), los bosques de Independencia, corresponden a

la vegetación de la provincia biogeográfica de los Yungas, específicamente en el distrito biogeográfico de los Yungas del Cotacajes.

Es conocido que los bosques de los Andes tienen alta diversidad y endemismo de plantas y animales, debido a la fuerte variación altitudinal, topográfica y el aislamiento geográfico de las montañas que ha formado islas de bosques muy particulares (Ayma, 2009). La variabilidad climática y altitudinal ocasiona que exista también alta variación en la estructura y composición de los bosques, según sus diferentes requerimientos ecológicos (Ayma, 2009).

En ese sentido, el objetivo del presente estudio fue analizar la composición, estructura y los factores asociados a la abundancia de regeneración natural de las poblaciones arbóreas nativas en la zona noroeste de Independencia-Ayopaya para mejorar el manejo de este bosque de neblina. La hipótesis de trabajo fue que existen diferencias en la abundancia regenerativa del bosque entre áreas poco intervenidas y muy intervenidas.

Materiales y Métodos

El Municipio de Independencia (localizado entre las coordenadas de 66°38' y 67°00' de longitud oeste y 16°46' y 17°26' de latitud sur) es la primera sección municipal de la Provincia Ayopaya, Departamento de Cochabamba, Bolivia.

El estudio se realizó en los bosques de neblina que se encuentran ubicados en la región noroeste del municipio de Independencia en las comunidades Llavecita, Sailapata, Larimarca, Tultuani, Sivingani, Pocanche, Machaca, P'ichagani, Pajchanti, Salviani y Tapaza.

Establecimiento de las parcelas de muestreo

Las unidades muestrales fueron implementadas como parcelas permanentes y temporales en las áreas seleccionadas. El levantamiento topográfico de las parcelas se realizó trazando una línea madre de 30 metros desde un punto de inicio hacia el norte hasta culminar con una

superficie cuadrada de 30 x 30 metros (900 m²) denominada “compartimiento A”. Esta a su vez se dividió en 9 subparcelas de 10 x 10 metros, para el muestro de la regeneración natural. Posteriormente se procedió a la delimitación de 4 cuadrados de 3 x 3 metros sobre las diagonales (de norte a sur y este a oeste respectivamente), distanciados 6 metros del centro de la parcela a las que se denominó “compartimiento B”.

Monitoreo de la regeneración natural

De las especies con diámetros (DAP) menores a 10 cm se recopiló las siguientes variables: Diámetro por clases diamétricas (<2 cm, 2-4 cm, 4-6 cm, 6-8 cm y 8-10 cm), altura total, claros de luz, pH del suelo, pendiente, exposición, cobertura del sotobosque y profundidad de la capa de humus (Ayma, 2007 y Dezzotti, 2003).

Los parámetros registrados para especies con diámetros a la altura del pecho (DAP) mayor o igual a 10 cm fueron DAP, altura total, altura de fuste, nombre común, nombre científico y posición de la copa.

Análisis de estructura

Para realizar el análisis de la estructura y composición florística se tomaron en cuenta los siguientes parámetros absolutos y relativos de diversidad: abundancia, frecuencia, dominancia y del índice de valor de importancia (IVI). Estos parámetros fueron calculados usando ecuacio-

nes ya reportadas anteriormente (Lamprecht, 1990).

Para determinar la influencia de las distintas variables tomadas en cuenta sobre la abundancia de la regeneración se realizó un análisis de regresión múltiple.

Resultados y Discusión

Estructura y composición del bosque de neblina

Una vez realizado el análisis del Índice de Valor de Importancia (IVI) se pudo observar que las especies con el IVI más alto fueron el Laurel (*Ocotea sp.*) con 42%, Pino de monte (*Podocarpus glomeratus*) con 40% y Naranjillo (*Styloceras columnare*) con 28%. Estas tres especies arbóreas más importantes estuvieron acompañadas por Era (*Myrcianthes cf callicoma*), Thasaque (*Persea sp.*), Kewiña (*Polylepis racemosa subsp. lanata*) y Yacu waycha (*Miconia theaezans*), estas últimas con índices más bajos (Cuadro 1).

Abundancia de las especies

La abundancia de especies con un DAP mayor a 10 cm se muestra en la Figura 1. La abundancia general de estas especies fue de 410 individuos·ha⁻¹, siendo las especies más abundantes *Styloceras columnare* con 56 individuos·ha⁻¹, *Ocotea sp.* con 47 individuos·ha⁻¹ y *Podocarpus glomeratus* con 35 individuos·ha⁻¹.

Cuadro 1. Valores del Índice de Valor de Importancia (IVI) por especies encontradas en las parcelas de muestreo.

Nombre común	Familia	Nombre científico	IVI
Aliso	Betulaceae	<i>Alnus acuminata</i>	10.35
Arrayán	Myrtaceae	<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	10.44
Cedro	Meliaceae	<i>Cedrela lilloi</i>	2.64
Chiji		No Identificado	0.80
Durasnillo	Melastomataceae	<i>Miconia cf mandoni</i>	6.74
Era	Myrtaceae	<i>Myrcianthes cf callicoma</i>	17.75
Helecho gigante	Dicksoniaceae	<i>Dicksonia sellowiana</i>	0.25
Jaluthi		No Identificado	0.23
Kewiña	Rosaceae	<i>Polylepis racemosa subsp. lanata</i>	16.31
Laurel	Lauraceae	<i>Ocotea sp.</i>	42.17
Lima lima	Theaceae	<i>Fleziara cf glabrescens</i>	11.66
Monte aliso	Moraceae	<i>Morus insignis</i>	7.78



Cuadro 1. Valores del Índice de Valor de Importancia (IVI) por especies encontradas en las parcelas de muestreo.

Monte andres huaylla	Solanaceae	<i>Cestrum conglomeratum</i>	2.73
Mote mote		<i>No Identificado</i>	1.70
Naranjillo	Buxaceae	<i>Styloceras columnare</i>	27.91
Paltu paltu		<i>No Identificado</i>	1.57
Pili chaki	Araliaceae	<i>Oreopanax sp.</i>	7.27
Pino de monte	Podocarpaceae	<i>Podocarpus glomeratus</i>	40.63
Soqo soqo	Solanaceae	<i>solanum albidum</i>	2.48
Tabla tabla	Lauraceae	<i>Nectandra sp.</i>	8.62
Thasaqe	Lauraceae	<i>Persea sp.</i>	19.68
Thuku	Rosaceae	<i>Hesperomeles ferruginea</i>	5.42
Tui	Asteraceae	<i>Tessaria absinthioides</i>	4.11
Waca aca		<i>No Identificado</i>	6.14
Waycha	Cunoniaceae	<i>Weinmannia microphylla</i>	9.20
Wila wila	Adoxaceae	<i>cf. Viburnum</i>	6.62
Yacu k'aspi		<i>No Identificado</i>	0.45
Yacu waycha	Melastomataceae	<i>Miconia theaezans</i>	16.83
Yacu yacu	Melastomataceae	<i>Pymnia sp</i>	11.32
Yoruma	Rosaceae	<i>Hesperomeles lanuginosa</i>	0.22
Total			300.00

Dominancias absolutas

Respecto a las dominancias absolutas, de acuerdo a las áreas basales calculadas, se destacan las especies *Podocarpus glomeratus* y *Ocotea sp.*, siendo estas las especies más dominantes del bosque de neblina de la región, contrariamente a lo que ha afirmado por su parte Navarro (2002), que señala como especies dominantes de la zona norte de Independencia a

Polylepis racemosa subsp. Lanata, *Weinmannia microphylla* y *Styloceras columnare*.

Frecuencias

En cuanto a la frecuencia de ocurrencia de especies se destaca nuevamente *Ocotea sp.* con 29% de ocurrencias en las subparcelas implementadas, seguido por *Podocarpus glomeratus* y *Miconia theaezans* con 19% y 17%, respectivamente.

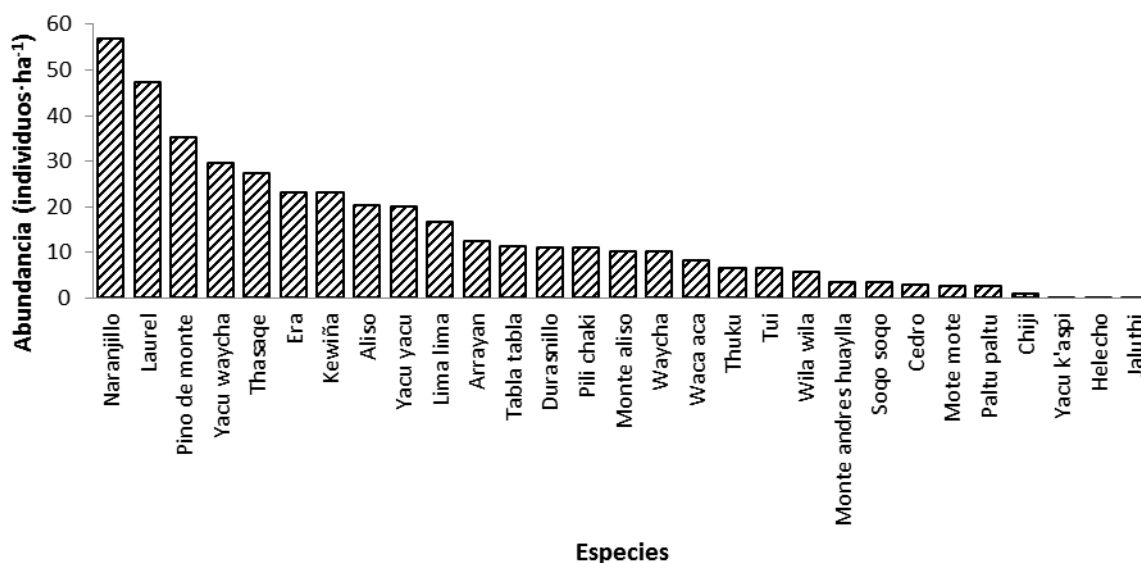


Figura 1. Valores de abundancia absoluta de especies con DAP > 10 cm.

Estructura general del bosque de neblina

La estructura horizontal de la población arbórea con DAP >10 cm, según clases diamétricas, demuestra una distribución de “J” invertida lo que indica que la gran mayoría de las especies presentan un mayor número de individuos en las clases diamétricas de menor tamaño, teniendo así solo algunos individuos en las clases de mayor tamaño (Figura 2). Este indicador también demuestra que existe una disminución de la población en las especies con clases diamétricas superiores. Esto puede deberse a requerimientos espaciales y establecimiento de la población arbórea. En general se puede afirmar que tanto la estructura vertical y horizontal tuvieron la misma tendencia: A mayor número de individuos en las clases inferiores, menor número en las superiores.

Regeneración Natural

La abundancia de la regeneración natural <10 cm de DAP de todas las especies alcanza un total de 11135 individuos·ha⁻¹. Las especies con el más alto número de individuos de regeneración fueron *Ocotea sp.* con 2230 individuos·ha⁻¹, *Styloceras columnare* con 2000 individuos·ha⁻¹

y *Myrcianthes cf callicoma* con 1413 individuos·ha⁻¹. En el caso de *Podocarpus glomeratus*, la abundancia de la regeneración presenta un número más bajo de individuos con tan solo 135 individuos·ha⁻¹ (Figura 3).

La distribución de la regeneración natural de las diferentes especies de la población de acuerdo a la caracterización por clases diamétricas evaluadas nos muestra una “j” invertida encontrando mayor cantidad de individuos en la clase diamétrica más baja de 0 a 2 cm, llegando solamente el 14% del total a la siguiente clase diamétrica (2 a 4 cm) lo que representa una baja considerable en la densidad de individuos (Figura 3).

Factores ambientales que influyen en la densidad de plantas.

Según el Análisis de Varianza, la abundancia total de los plantines de regeneración natural no tiene diferencias significativas entre bosques poco intervenidos e intervenidos (n=35, p=0,5363).

Esto puede deberse a que en bosques disturbados se incrementa el número de plantines heliófitos (especies que prefieren doseles disturba-

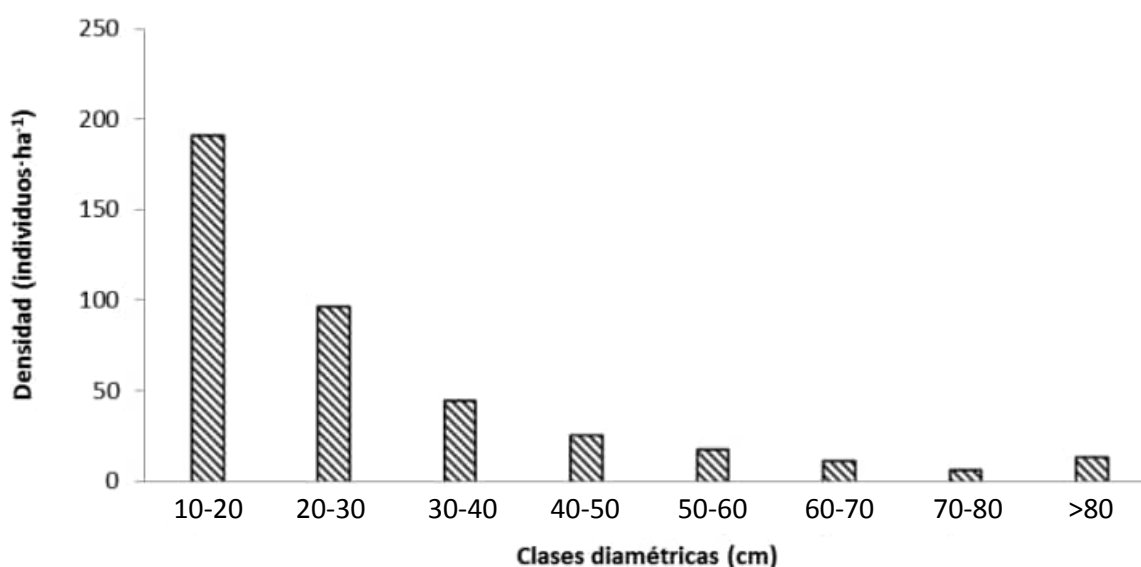


Figura 2. Densidad de las especies con DAP >10 cm, de acuerdo a clases diamétricas.

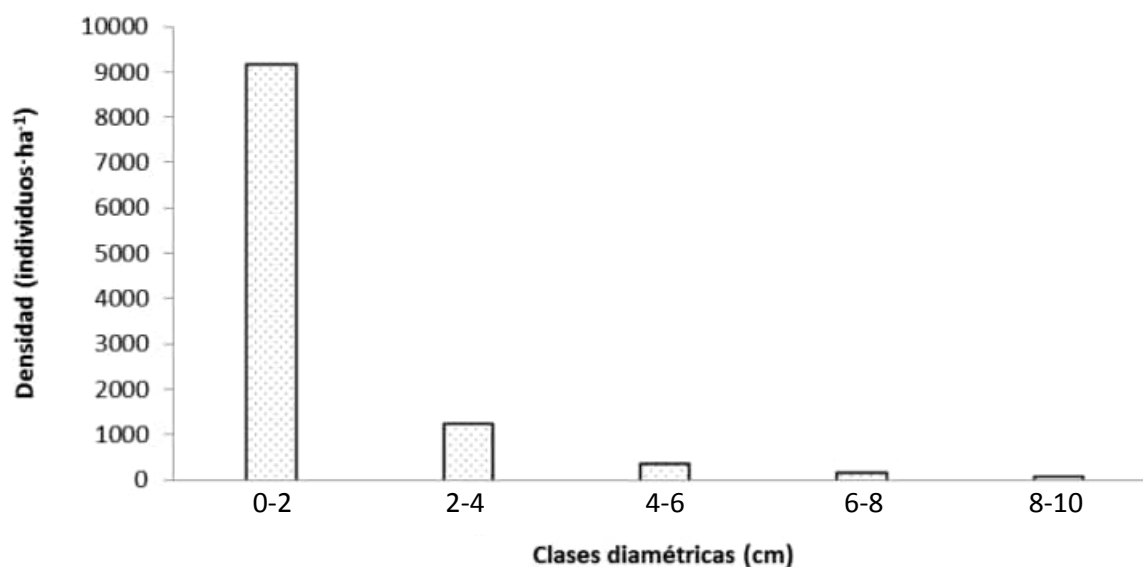


Figura 3. Distribución de la regeneración natural de acuerdo a clases diamétricas.

dos) y en bosques menos intervenidos las plántulas esciófitas (especies que prefieren doseles poco disturbados). Esta afirmación coincide con lo enunciado previamente por otros autores (Ayma y Padilla, 2009).

Al realizar el Análisis de Varianza para estudiar el efecto de los factores naturales que influyen en la regeneración, la única variable independiente que pudo explicar la mayor cantidad de plantines fue la profundidad de humus (Figura

4), una vez realizado el análisis de regresión múltiple ($p=0.0156$). Esta variable muestra una tendencia lineal con pendiente positiva en cuanto a la abundancia de plántulas.

Se puede especular que el humus sea determinante en la regeneración de plantines, ya que suelos pobres en humus no podrían facilitar la regeneración de las plantas. Asimismo, contrario a lo que se puede suponer *a priori*, el suelo desnudo facilita la regeneración de las plantas, posiblemente porque las hierbas, helechos y pastos tienen un efecto negativo en la regeneración de plantines debido a competencia por nutrientes y luz.

Referencias

1. Ayma, A., Villavicencio, R., Rocha, E., Zambrana, N., Valdivia, F., Osco, O. 2009. Bosques de Independencia: Pautas ecológicas y conocimiento local para el manejo tradicional. Programa Regional para la Gestión Social de los Ecosistemas (ECOBONA). Cochabamba, Bolivia.
2. Ayma, A., Padilla, E., Calani, E. 2007. Estructura, composición y regeneración de

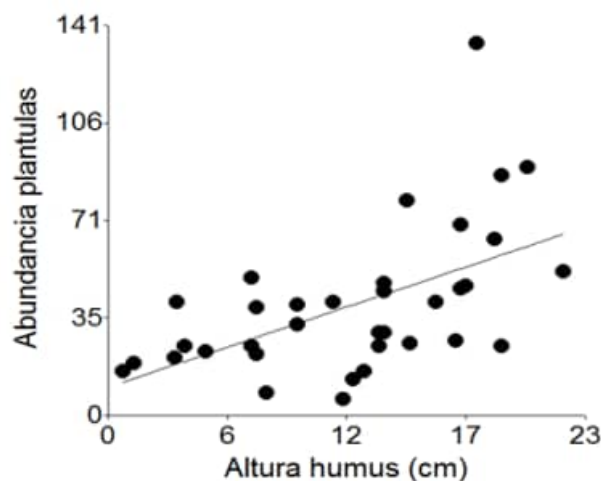


Figura 4. Influencia de los diferentes factores naturales sobre la regeneración natural.

un bosque de neblina: Sugerencias silviculturales para *Podocarpus glomeratus* (Podocarpaceae) en la comunidad de Pajchanti. Rev. Bol. Ecología y Cons. Amb. 21:27- 42.

3. Ayma, A., Padilla, E. 2009. Efecto de la tala de *Podocarpus glomeratus* (Podocarpaceae) sobre la estructura de un bosque de neblina en los Andes (Cochabamba, Bolivia) Rev. Perú. Biol. 16(1): 73-79.
4. Cuesta F., Peralvo M. & Valarezo, N. 2009. Los bosques montanos de los Andes Tropicales. Una evaluación regional de su estado de conservación y su vulnerabilidad a efectos del cambio climático. Serie Investigación y Sistematización No. 5. Programa Regional ECOBONA-INTERCOOPERATION. Quito, Ecuador.
5. Lamprecht, H. 1990. Silvicultura de los trópicos. Trad. Antonio Carrillo. GTZ. Eschborn, Alemania.
6. Trond, N. 1996. Uso y aprovechamiento tradicional de los productos no maderables en la región andina de Bolivia. PROBONA. La Paz, Bolivia.





INSTRUCCIONES PARA LOS AUTORES

1. Objetivos y Alcance

La revista “Conservación y Manejo de Recursos Genéticos para la Seguridad y Soberanía Alimentaria en Bolivia” publica artículos producto de investigaciones primarias relacionadas a las siguientes grandes áreas:

- Nuevas tecnologías para la conservación de Recursos Genéticos
- Nuevas tecnologías para la caracterización de Recursos Genéticos
- Manejo y uso sostenible de Recursos Genéticos
- Conservación, caracterización y manejo de Recursos Genéticos subutilizados
- Investigaciones relacionadas a la taxonomía, morfología, fisiología, bioquímica, genética, citología o etnobiología de Recursos Genéticos
- Contribuciones relacionadas al manejo de Bancos de Germoplasma: Colección, mantenimiento, evaluación, almacenamiento y documentación.
- Otras áreas de interés para la publicación son la evolución, domesticación, agrobiodiversidad, parientes silvestres y la historia de los Recursos Genéticos bolivianos.

Para ser aceptados para su publicación, los artículos sometidos a consideración de la revista deberán hacer una **contribución significativa** al conocimiento en una o más de las áreas men-

cionadas y ser de **interés general** para la comunidad que trabaja con Recursos Genéticos.

2. Tipos de Publicaciones

Artículo formal: Es un trabajo destinado a la publicación en revistas especializadas. Se refiere a una investigación profunda y detallada, con todos los elementos de un artículo, incluidos **Resumen** (y su “**Abstract**” debidamente traducido), **Introducción**, **Materiales y Métodos**, **Resultados**, **Discusión**, y **Referencias** a la literatura citada. Debe incluir un número apropiado de cuadros y figuras relevantes y sustanciosas que demuestren la profundidad del estudio y resalten los méritos del trabajo para su publicación en una revista indexada. Es un texto de carácter académico que exige el cumplimiento de normas específicas tanto en su estructura general como en su contenido. Estos aspectos fundamentales están determinados por el tipo de lectores y por el medio de divulgación. El uso del vocabulario especializado y el tono formal en que se escribe facilitan el acceso a la información y por consiguiente, su comprensión. Debe estar cuidadosamente redactado para evitar cambios de tema innecesarios, para lograr expresar de un modo claro y sintético lo que se pretende comunicar, y para que incluya las citas y referencias indispensables. En muchas ocasiones los artículos científicos son síntesis de informes o tesis de mayor envergadura, que orientan los esfuerzos de quienes puedan estar interesados en consultar la obra original.

Revisiones bibliográficas: Son recopilaciones y síntesis del conocimiento existente en un campo específico de interés respecto a los Recursos Genéticos bolivianos. Se recibirán revisiones



bibliográficas solicitadas por el comité editorial a autores de reconocida trayectoria en el campo correspondiente, y con antecedentes de investigación y publicaciones arbitradas en el mismo. No se descarta la consideración de revisiones sometidas a consideración por los propios autores, pero su publicación quedará a criterio del comité editorial. En estos casos, se recomienda a los autores enviar una solicitud por escrito al comité editorial, en la que se resuman los objetivos y los alcances de la revisión bibliográfica propuesta.

Comunicaciones cortas: Son reportes de significado, urgencia e interés, pero deben contener resultados preliminares relevantes. Los documentos de comunicaciones cortas redactados según la normativa de la revista no pueden tener una extensión mayor a 10 páginas (en Word). La introducción debe explicar la urgencia, el significado o el interés extraordinario de la información, lo cual ayudará al editor en la aceptación o rechazo de la comunicación. No debe ser estructurada de la misma manera que un artículo formal, debe contener una introducción muy breve sobre el tema y los resultados más importantes. Si se describe un trabajo sintético, se debe agregar suficiente material suplementario con el fin de que quien lo desee pueda replicar la metodología inmediatamente.

Notas técnicas: Se refieren a la publicación del desarrollo de técnicas o metodologías innovadoras preferiblemente, o su adaptación, modificación, o promoción y divulgación de carácter científico, de interés para la región mesoamericana. Incluye métodos de mejoramiento, análisis estadísticos, aparatos o instrumentos de campo, invernadero o laboratorio. Se valorará el carácter didáctico de estas publicaciones en el contexto boliviano. Tendrán una extensión máxima de cinco páginas según lo indicado en el instructivo a los autores.

La nota técnica puede abordar los resultados de un ensayo práctico ante un problema muy concreto, fundamentado en procedimientos de uso general en el ejercicio de la profesión. La

sección de Discusión puede tomar un tono más expositivo (cualitativo) que crítico, mientras que en un artículo formal, la Discusión es una sección relevante y representativa del trabajo (cualitativo si las variables lo permiten y cuantitativo casi siempre).

Análisis y Comentarios: Es el análisis de una situación específica realizado por un especialista con reconocida trayectoria en el campo y publicaciones relevante en revistas indexadas. Puede contener datos, puntos de vista, opiniones, y debe incluir una revisión de literatura apropiada para la naturaleza y la extensión de esta modalidad de publicación. Además, puede incluir observaciones personales. Su formato consiste de una introducción, el desarrollo temático, y la revisión bibliográfica.

3. Autoría

El autor que remite el trabajo debe indicar en una carta que el trabajo es original y que no se ha publicado ni sometido a publicación en otras revistas, cediendo los derechos de publicación a la revista “Conservación y Manejo de Recursos Genéticos para la Seguridad y Soberanía Alimentaria en Bolivia” y responsabilizándose por el contenido de su trabajo.

Se considerará como autores a aquellas personas que hayan participado en grado suficiente en el trabajo de investigación para asumir la responsabilidad pública del contenido del trabajo. Se considera como autor al que intervino en forma esencial en: a) la concepción y el diseño del estudio, obtención de los datos, o el análisis y la interpretación de los mismos; b) la redacción del trabajo o la revisión crítica de una parte sustancial de su contenido intelectual; y c) la aprobación final de la versión que será publicada. Los requisitos a, b y c tendrán que cumplirse simultáneamente. La participación exclusivamente en la obtención de fondos o en la obtención de datos o la coordinación del trabajo o la supervisión general del grupo de investigación, no justifica la autoría.

Los trabajos sometidos a consideración para su publicación deben contar con la autorización de parte de la institución o empresa donde se efectuó la investigación. Además se asumirá que todos los autores participaron en la elaboración, y autorizaron someterlo a publicación. La responsabilidad del contenido es de los autores.

El autor principal debe indicar si su trabajo lo considera un artículo, comunicación corta, análisis y comentarios, revisión bibliográfica o información técnica, sin embargo, la decisión sobre su ubicación se tomará con base en el arbitraje efectuado y el acuerdo del Consejo Editorial. Se podrá rechazar de oficio todo trabajo de campo con un solo periodo de evaluación (época o año), sobre cultivos ampliamente estudiados y sobre una temática ya conocida (épocas de siembra, distancias de siembra, etc.).

4. Proceso de Revisión

Todos los artículos deberán ser elaborados en MS Word, y guardados como documentos con extensión .doc o .docx, indicando en el nombre del archivo el nombre completo del autor principal y un título corto del manuscrito. Por ejemplo: MartinCardenasHermosa_CaracterizacionEritroxyloncoca.doc. El autor principal deberá enviar su artículo mediante correo electrónico a la dirección revista.rgg.bolivia@gmail.com. Es muy importante que al momento de enviar el artículo el autor guarde el mensaje enviado con el artículo para que sirva de constancia de la hora y fecha de envío. Todo trabajo enviado para publicación será revisado al menos por dos especialistas anónimos antes de ser sometido a aprobación por el Consejo Editorial. Si este trabajo es aceptado, el autor responsable con el que se tiene establecida la comunicación debe hacer las correcciones solicitadas por los editores, y debe enviar de nuevo el trabajo, indicando las correcciones realizadas en otro color de letra (envío por correo electrónico), o en subrayado para envíos de impresos.

Se aceptarán, para análisis del Comité Editorial, las respuestas del autor con el que se mantiene

la comunicación sobre las correcciones o adiciones al trabajo, sin embargo, la decisión del Comité Editorial será definitiva y su incumplimiento implica el rechazo del artículo para su publicación. Se dará un periodo de 10 días hábiles para el envío de las correcciones.

Si luego del periodo dado no hubiera respuesta, se procederá en primera instancia a dejarlo fuera del proceso de edición, y posteriormente pasados los 30 días hábiles, se procederá a rechazar el trabajo bajo la premisa de no acatamiento a las directrices de la revista.

Cuando finalice el diagramado con las correcciones del autor, se le devolverá de nuevo para que efectúe la revisión final e indique vía carta o vía correo electrónico al Editor que está de acuerdo con la versión final o indicar las observaciones de forma. El tiempo de respuesta del autor deberá ser de un máximo de cinco días hábiles, después del cual el Comité Editorial podrá aprobar su publicación o suspender su proceso de edición.

5. Estilo Editorial

Los artículos deben ser elaborados en el procesador de textos MS Word, escritos a doble espacio en hoja tamaño carta, con márgenes de 2.5 cm. No existe un límite de páginas pero se recomienda que los artículos formales no excedan las 15 páginas incluyendo figuras y tablas.

Se deben definir todas las abreviaciones en la primera mención, ya sea en el resumen o en el texto. Una vez que se usa una abreviación, se debe usar en todo el texto excepto al inicio de una oración. Toda información debe estar respaldada con citas bibliográficas, que sean de fácil acceso mediante centros de documentación, bibliotecas o Internet. Si son más de dos autores se pone *et al.* después del primer apellido.

Ej. a) "...la metodología propuesta por Gómez *et al.*". b) "...Este método fue similar al de otros autores (Hartman 1974, Jackson *et al.* 1977).



Toda mención de especies vegetales o animales debe incluir su nombre científico, y cuando es parte de lo que se estudia en el trabajo, se debe indicar además su clasificación biológica. Toda indicación posterior de un nombre científico se hará con solo la inicial del género más la especie (Revisar terminología en: International Association for Plant Taxonomy IAPT, Código Internacional de Nomenclatura Botánica). El nombre científico en latín (binomial o trinomial) se debe presentar en letras cursivas junto con la abreviación de la autoridad que ha realizado la descripción taxonómica. Por ejemplo: “Se caracterizaron accesiones de quinua silvestre (*Chenopodium quinoa* var. *melanospermum* Willd.)...”. Los nombres genéricos que se usan como nombres vernaculares no llevan mayúscula.

Los nombres de los plaguicidas se deben escribir con el nombre común seguido del químico, de acuerdo a la IUPAC, entre paréntesis. Por ejemplo: “Se empleó Benomil (Metil [1-(butilamino) carbonil]-1H-benzimidazol-2-yl] carbamato)...”. No se aceptará el uso de nombres comerciales, con excepción de formulaciones particulares que sí afectan los resultados o que tienen relación con los objetivos del estudio.

Se deben identificar los suelos a nivel de grupos, en la primera mención en el texto, de acuerdo a las normas de la Base Referencial Mundial del Recurso Suelo de la FAO (<http://www.fao.org/docrep/011/a0510s/a0510s00.htm> ó <http://www.fao.org/docrep/W8594E/W8594E00.htm>) Los números arábigos se emplearán para todos los casos con dos o más dígitos, y cuando se presenten con unidades de medida. Se escribirán en palabras si se trata de la primera palabra de una oración.

Las unidades de medida y sus respectivas abreviaciones y formatos se deben presentar de acuerdo al Sistema Internacional de Unidades (SI) El diccionario de referencia en español será el de la Real Academia Española (<http://buscon.rae.es/draef/>).

6. Formato para cada sección de los trabajos

Todos los trabajos deben basarse en las siguientes instrucciones de formato, pero sólo en el artículo se incluyen todas las secciones descritas a continuación:

TÍTULO: El título debe ser conciso y no debe exceder de 14 palabras. Se sugiere evitar el uso de nombres científicos en el título cuando el nombre común es muy conocido (frijol, maíz, papa, tomate, etc.). Se deberá usar el nombre científico sólo cuando el nombre común no es conocido o puede variar entre países (nombres de malezas, hongos, insectos, etc.).

Evitar las siguientes palabras: *Estudios de*, *Investigaciones en*, *Observaciones acerca de*, y otras palabras similares. No incluya generalidades que no contribuyen con la utilidad del título. Ejemplo: *Estudios de poblaciones de malezas en el Valle Central*.

AUTORES: Debe indicarse el nombre completo y apellidos (sin abreviaturas). Si el autor decide solo incluir un apellido debe indicarlo al editor. Se debe listar una sola vez las instituciones a las que pertenecen los autores e indicar la pertenencia con un superíndice al final de cada nombre de los autores. Al pie de página debe incluirse la dirección postal y correo electrónico del autor principal. El autor principal se considerará el de mayor aporte a la investigación que dio origen al trabajo sometido a publicación. El número total de autores no deberá ser mayor de seis.

INTRODUCCIÓN: Debe incluir el propósito de la investigación, los antecedentes más relevantes y el (los) objetivo (s) concreto(s). Además de la importancia del problema dentro del marco de estudio y las limitaciones de la investigación.

MATERIALES Y MÉTODOS: Son los elementos básicos de la investigación y los que generan los resultados. Los materiales (suelos, plantas, semillas, vacas, cabras, etc.) deben estar clara-

mente descritos (análisis físico químico y tipo de suelo. Descripción de la variedad de planta empleada y su origen. Características del animal empleado, que incluya su origen, tipo, edad, etc.). La procedencia de los insumos mencionados también debe figurar entre paréntesis. Los métodos deben indicar claramente las variables que se pretende medir y su precisión, por lo que se debe incluir el diseño experimental, unidad experimental, método de muestreo y tipo de análisis estadístico. Descripción de los tratamientos y variables evaluadas. Prácticas culturales y del manejo del experimento. Además el lugar donde se efectuó la investigación, el periodo(s) y condiciones climáticas, si procede. En general, los métodos descritos deben permitir a otro investigador replicar el experimento para corroborar los datos obtenidos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN: Se presenta y analiza la información obtenida. Los datos derivados de la aplicación de la metodología, de una manera clara, ordenada y completa, pero a la vez concisa, **basados en comprobaciones y no suposiciones**, deben ser expresados por separado en figuras o cuadros (incluir en un archivo adicional los datos que los originaron para efecto del diagramado). No se debe repetir en el texto la información contenida en los cuadros o figuras. Se describirá en el texto la información obtenida del análisis de varianza.

No se deben incluir tablas de análisis de varianza, sino más bien la significancia obtenida con el análisis se debe indicar en otras tablas o figuras más informativas.

CUADROS, FIGURAS, FOTOS, DIBUJOS Y MAPAS: Se deben presentar solamente tablas y figuras que sean relevantes a la información presentada en la sección de Resultados. Deben tener una descripción, que los explique por sí solos, independientemente del texto. Se debe identificar claramente la información brindada, áreas geográficas donde se realizó (provincia (s)), además del periodo o año de ejecución. Como figura se entenderá las imágenes, fotos, dibujos y mapas. Los cuadros y figuras se deben

presentar preferentemente en formato pequeño condensado en vez de uno complicado, de difícil interpretación. Se recomienda que tanto tablas como figuras se enmarquen en 8 a 16 cm. de ancho y 8 cm. de alto para no dejar espacios en blanco en el texto. No se debe repetir la información en cuadros y figuras, se deberá escoger la forma que mejor comunique la información deseada. Las fotos deben enviarse en **archivo separado**, con una resolución mínima de 300 dpi y en formato JPG, EPS o TIFF identificando en el nombre del archivo el nombre del autor, un título corto del artículo, el número de figura y el contenido, por ejemplo MartínCardenasHermosa_CaracterizacionEritroxyloncoca_

Fig1_flores.tiff. Los cuadros, figuras, fotos o mapas deben aparecer inmediatamente después de que se les mencione. Bajo ninguna circunstancia se aceptarán como anexos o apéndices.

Evitar el uso de abreviaturas en los títulos de cada columna en los cuadros. Todo tipo de abreviaturas incluidas en el cuerpo del cuadro o en una figura, con excepción de las de uso universal, deberán ser aclaradas al pie del cuadro o figura.

Las figuras y fotos se incluyen en blanco y negro en la versión final impresa de la revista; si el autor desea impresión en color deberá cubrir los gastos de separación de colores de fotos y figuras. De no ser así, el autor debe brindar las figuras y fotos de manera que sean legibles en blanco y negro. Lo anterior porque las tonalidades dan problemas de definición en la impresión en blanco y negro. El uso de colores debe estar justificado para facilitar la comprensión de los resultados mostrados en las figuras y no con fines solamente estéticos.

Se deben usar figuras y cuadros que se puedan reducir de tamaño sin perder nitidez. No se deben enviar cuadros ni figuras en formato de imagen.

RESUMEN: Iniciar con el objetivo del trabajo, si procede, indicar el sitio del evento y periodo



de ejecución, el procedimiento, los principales resultados y una discusión básica. No incluir introducción, referencias o citas bibliográficas, figuras o cuadros. El tamaño máximo será de 250 palabras (con base en el contador de palabras de Word) a espacio seguido y en un solo párrafo.

ABSTRACT: Traducción al inglés del RESUMEN, incluyendo título del trabajo.

PALABRAS CLAVE: Se deben incluir un máximo de cinco palabras clave en español e inglés. El objetivo es su uso en indexación y selección de la información bibliográfica. Como referencia se puede consultar AGROVOC Thesaurus de la FAO (http://www.fao.org/aims/ag_intro.htm?searchtext) y el tesoro agrícola de la National Agricultural Library de United States Department of Agriculture (http://agclass.nal.usda.gov/agt_Espanol/download_es.shtml).

ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS: La revista, sólo aceptará la normativa oficial del sistema internacional de pesos y medidas y lo indicado para tal efecto por la Real Academia Española (ejemplo: para la separación de los decimales se empleará la coma siempre y cuando el trabajo sea en español).

LITERATURA CITADA: Debe contribuir al conocimiento sobre el tema y ser lo más reciente posible, y de fácil acceso en centros de documentación, bibliotecas o Internet y estar redactadas con base en las normas del IICA (http://biblioteca.catie.ac.cr/Descargas/Normas_de_redaccion.pdf). Toda referencia bibliográfica que se incluya en el texto (introducción, materiales y métodos o resultados y conclusiones) deberá aparecer en esta sección. Todas las citas

deben incluir todos los autores, año de publicación, título completo del trabajo, e información del documento en que se publicó, edición, casa editora, lugar de publicación, volumen y número de páginas. Los nombres de los autores van con minúscula, primero el apellido y luego la inicial del nombre.

Las comunicaciones personales no son parte de la literatura citada, por lo que se presentan al pie de página. Las citas obtenidas de Internet, deben ser preferentemente de publicaciones periódicas o libros.

Libros: Carvajal, F. 1984. Cafeto: cultivo y fertilización. 2 ed. Instituto Internacional de la Potasa, Berna, Suiza. 253 p. Tesis: Yah Correa, EV. 1998. Crioconservación de sus pensiones celulares embriogénicas de *Musa* spp. Iniciadas a partir de flores inmaduras. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R. CATIE. 77 p. Congresos, Conferencias, Reuniones: Regional Workshop: Needs and priorities for forestry and agroforestry policy research in Latin America (1993 San José, CR). 1994. (Report). M. Alfaro; R de Camino, M. I. Mora; P. Oram. eds. San José, C.R., CR, IICA. 298 p. Revistas: Shingh, CK; Gre wal, GS. 1998. Detection of rabies in central nervous system of experimentally infected buffalo calves. Indian Journal of Animal Sciences 68(12):1242-1254. Comunicaciones personales: Se mencionan en nota al pie de página en el texto de la publicación. Ejemplo: Aguilar, JF. 1997. Forestería social (entrevista). San José, CR. Universidad de Costa Rica. En línea: Guzmán, M. de. 1993. Tendencias innovadoras en educación matemática (en línea). Bogotá, Unesco. Consultado 5 ene. 1998. Disponible en <http://www.oel.org.co/oeivirt/edu mat.htm>.



Teléfonos y Fax 591-2-2441153/2-2441608/2-2113629
www.INIAF.gob.bo - contacto@INIAF.gob.bo
Casilla Postal 4793
Calle Batallón Colorado Nro. 24
Edificio El Cóndor – Piso 16
La Paz – Bolivia