



Dirección Nacional de Investigación
Revista Científica de Investigación



INFO-INIAF
Dirección Nacional de Investigación
Revista Científica de Investigación
Año 3, número 5, volumen 1. Gestión 2015

**Investigación agropecuaria y forestal – gestión de
recursos genéticos**

Evo Morales Ayma
PRESIDENTE DEL ESTADO PLURINACIONAL DE BOLIVIA

Cesar Cocarico Yana
MINISTRO DE DESARROLLO RURAL Y TIERRAS

Marisol Solano Chari
VICEMINISTRA DE DESARROLLO RURAL AGROPECUARIO

Carlos Osinaga Romero
DIRECTOR GENERAL EJECUTIVO - INIAF

Hernán Meneses Sanabria
DIRECTOR NACIONAL DE INVESTIGACIÓN - INIAF

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

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

Casilla Postal 4793

Calle Batallón Colorados Nro. 24

Edificio El Cóndor – Piso 16

La Paz – Bolivia

COMITÉ EDITOR

Ing. Alvaro Otondo Maldonado M.Sc.

Ing. Juan José Vicente Rojas M.Sc.

Dra. Carmen Cabrera Montecinos M.Sc.

Ing. José Campero Maraño M.Sc.

PRIMERA IMPRESIÓN 1000 EJEMPLARES

Diseño: IMPRESIONES MASTER s.r.l.

ISSN 2308-250X

Depósito legal: 4-3-16-13 P.O.

Key title: Info INIAF

© Copyright: 2015

REVISTA CIENTÍFICA DE INVESTIGACIÓN INFO-INIAF “INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA Y FORESTAL – GESTIÓN DE RECURSOS GENÉTICOS” NÚMERO 5, 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 73 ½, 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

A partir de la creación del Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal - INIAF por Decreto Supremo N° 29611 de 2008, bajo tuición del Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras – MDRyT, cuya Misión establecida en el Decreto Supremo N° 2454 de 2015, menciona que **“El INIAF es la autoridad nacional competente y rectora del Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal-SNIAF que regula y ejecuta la investigación, extensión, asistencia técnica, transferencia de tecnología agropecuaria, acuícola y forestal, la gestión de los recursos genéticos de la agrobiodiversidad y los servicios de certificación de semillas”**, este orden de competencias centra a la investigación como el primer eslabón en el proceso de innovación, de esta manera los actores que componen el Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal que constantemente realizan actividades de investigación en la búsqueda de alternativas y soluciones a diferentes contextos agropecuarios, encuentran en la Revista Info INIAF, un espacio para la difusión y socialización de los resultados de la investigación científica, como un paso fundamental en la innovación agropecuaria y forestal. En este contexto la presente versión de la Revista Científica de Investigación Info INIAF, reúne un conjunto de investigaciones científicas que sin duda son aportes importantes de los autores en los rubros abordados; recursos genéticos, biotecnología, fitotecnología y pecuaria; temáticas abordadas tanto por investigadores de instituciones públicas y privadas como también investigadores del INIAF.

Invitamos a quienes generan investigación a lo largo y ancho del territorio nacional a presentar y difundir en las siguientes ediciones, los resultados de sus investigaciones en aras de contribuir hacia una Bolivia con seguridad alimentaria con soberanía.

**Ing. Carlos Osinaga Romero M.Sc.
DIRECTOR GENERAL EJECUTIVO DEL INIAF**

CONTENIDO

Establecimiento y multiplicación <i>in vitro</i> de <i>Polylepis pepeí</i>	1
---	----------

Beatriz Mamani Sánchez, Paola Rocabado Koya, Lorena Rey Ortiz,
Marina Torrez Ramos y Jorge Quezada Portugal

Caracterización morfológica de 151 accesiones de papa (<i>Solanum tuberosum</i> subespecie <i>stenotomum</i> Juz. & Bukasov) de la Colección Nacional de Tubérculos Andinos del INIAF (Toralapa-Cochabamba)	10
--	-----------

Maritza Paxi Solares, Rosario Lucero, Juan José Vicente, Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias-
UTO, Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF).

Caracterización agromorfológica de 10 accesiones y variedades de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.) en condiciones del Valle Alto de Cochabamba	21
---	-----------

Carolina Alanoca, Ever Machaca, Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal.

Caracterización de la ganancia de peso corporal y zoométrica de llamas <i>q'ara</i> desde el nacimiento hasta la madurez en la comunidad de Challacollo, Potosí-Bolivia	30
--	-----------

José Luis Quispe Huanca, Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal - INIAF

Caracterización de accesiones de trigo provenientes de Chuquisaca del Banco de Germoplasma de Cereales y Leguminosas	40
---	-----------

Roger Rioja Barahona, Edwin Iquize Villca, Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y
Forestal - INIAF, Programa Nacional de Recursos Genéticos.

Raciones en heno con niveles de urea y melaza en el engorde de maltones en la localidad de Llallagua	49
---	-----------

Alex J. Machicado Alconz, Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF), Gestor
de conocimiento (Asistencia Técnica)

Efecto de dos fertilizantes potásicos en la producción de semilla de tomate cv. Río Grande	57
---	-----------

Ramiro Mamani y Ever Machaca, Centro Nacional de Producción de Semillas de Hortalizas
(CNPSH), Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal

Tratamiento físico de dos variedades de trigo utilizadas como sustrato para la cría de <i>Sitotroga cerealella</i> Olivier (Lepidoptera: Gelechiidae). I. Efecto sobre sus atributos biológicos	63
--	-----------

Otondo Maldonado, A.; Carrizo, P.I.; Viscarret, M.M., Tesista Magister UNSAM, Zoología Agrícola,
FAUBA; IILB, INTA Castelar

Evaluación de indicadores de calidad de suelo con cobertura vegetal nativa tipo t'olar de cinco comunidades del altiplano xerofítico	71
---	-----------

Genaro Condori Choque, Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal, Departamental
Oruro, Claudia Rivas Valencia, Elizabeth Rico Numbela, Centro MEJOCUY-Universidad Mayor de
San Simón.

Establecimiento y multiplicación *in vitro* de *Polylepis pepeí*

Beatriz Mamani Sánchez^{1*}, Paola Rocabado Koya¹, Lorena Rey Ortiz²,
Marina Torrez Ramos¹ y Jorge Quezada Portugal¹

¹ Investigadores Asociados de la Unidad de Biotecnología Vegetal del Instituto de Biología
Molecular y Biotecnología – UMSA

² Docente de la Escuela Militar de Ingeniería (EMI)

* e-mail: beita.mamani@gmail.com

Resumen

El género *Polylepis* representa una alta diversidad en Sudamérica, nueve especies se encuentran en Bolivia y aportan a reducir la erosión, sirven de refugio y fuente de alimentación de muchas especies, son fuente de carbón, están presentes en áreas restringidas, tienen una reproducción natural complicada y están en peligro de extinción. Por tal razón es importante realizar acciones para contribuir a su conservación, por ejemplo, a través del cultivo *in vitro*. El material vegetal (yemas) introducido a condiciones *in vitro*, que generó una mejor supervivencia (73,6%) y un 8,9% de contaminación fúngica, fue el T2 (1,7% NaClO*20 min.). En la fase de multiplicación el T3 (Chu *et al.*, 1975 + 0.5 mg/l de AIB + 1 mg/l de AG3 + 1 mg/l de BAP) incentivó la formación de 3,1 brotes, hecho que generó la mayor altura logrando 12,9 mm y formó 7,8 hojas por brote subcultivado. Además en esta fase se detectó la presencia de una bacteria endógena Gram negativa que se expresa a 32 +/- 2 °C de difícil control y letal.

Palabras clave: *Polylepis*, micropropagación y conservación.

Abstract

The genus *Polylepis* is highly diverse and is restricted to South American countries, such as Bolivia where nine species have been documented. The contribution to the decrease of soil erosion and its use as food source and refuge for many species have long been recognized. But the harvesting of the plant as a combustible source and its complicated natural reproduction process comprise the survival of different populations. So *in vitro* culture methods, represent an important strategy to obtain vegetal material for reforestation purposes in natural areas. *In vitro* culture of this species using buds as explants was carried out. The best results in terms of survival (73,6%) and low fungal contamination (8,9%) were obtained with T2 (disinfection with 1,7% NaClO*20 min.). During multiplication phase, T3 prompted the development of 3,1 shoots, 7,8 leaves per subcultured shoot and an average height of 12,9 mm. Un expectedly, at this phase the presence of an endogenous gram-negative bacteria at 32+/-2°C was detected and inefficiently controlled.

Keywords: *Polylepis*, micropropagation and conservation.

Introducción

Los bosques de *Polylepis* representan una parte importante de la biodiversidad de Sudamérica; en Bolivia son considerados como el tipo de hábitat más amenazado. Estimaciones indican que menos del 10% de la extensión original sobrevive actualmente. Hasta el año 1996 en el género *Polylepis* se registraron 20 especies, de las cuales se conocen 10 en el Perú, 9 en Ecuador y 9 en Bolivia, que conforman relictos boscosos en diversos ecosistemas de alta montaña, gracias a su adaptación morfológica y fisiológica.

Los bosques de *Polylepis* cumplen un importante rol ecológico como participar activamente contra los procesos de erosión, además que son refugio y fuente de alimento para muchas especies (Fjeldsa & Kessler, 1996). Actualmente, las poblaciones campesinas continúan en una relación muy estrecha con dichos bosques, ya que dependen fuertemente de ellos para la provisión de leña, carbón y agua; lo que conllevaría la degradación y desaparición de la especie, al igual que la fauna y flora que sobreviven específicamente en estos ecosistemas.

Bajo condiciones naturales su recuperación es complicada, debido a que la semilla presenta bajo poder germinativo, según investigaciones realizadas por Pretzell (1985) en Perú, *Polylepis incana* presentó valores de germinación entre 2 a 4%; de acuerdo a experiencias realizadas en Argentina, Guzmán (2006) reportó un 3,1% de germinación en *Polylepis tomentella*. Asimismo, presentan una dispersión pobre de semillas (Aguirre, 1988; Brauer, 1986, citados por Cruz, 1999) y, por otro lado, las plántulas tienden a ser consumidas por el ganado presente en el lugar, lo que hace que su reproducción se efectúe a largo plazo.

Polylepis pepeí es un arbusto o árbol pequeño que puede llegar hasta 4 m, parece una miniatura de *Polylepis sericea*; se distingue por presentar foliolos más pequeños y menos números, con frutos característicos con bordes torcidos

con abultamientos (pero sin espinas). Es una especie rara, conocida solo entre los 3.450 a 4.100 msnm en el límite superior de los bosques de Yungas, en la zona de transición desde los bosques a la zona de la puna, y a menudo crece junto con otros árboles pequeños tales como *Escallonia* o *Gynoxys* spp, y prefiere áreas con niebla (Simpson, 1979). De acuerdo con estudios ornitológicos en la región altoandina de Bolivia, más de 110 especies de aves utilizan los bosques de *Polylepis* y cerca de 40 especies dependen exclusivamente de estos como de *P. pepeí*, en el cual habita *Nairetes* (ave en peligro de extinción).

Para ayudar a la recuperación de las especies *Polylepis* se ha optado por realizar técnicas de cultivo *in vitro*, que podrían conseguirse en un corto y mediano plazo bajo condiciones de laboratorio, donde se utilizan los componentes y condiciones ambientales más adecuados para la propagación de la especie estudiada, libre de patógenos y enfermedades (Vega, 2004). Sin embargo, uno de los mayores obstáculos para el establecimiento a condiciones *in vitro* es la contaminación, para ello se recomienda desinfectar los explantes previo a la inoculación en el medio de cultivo, ya que los contaminantes pueden afectar en el desarrollo y sobrevivencia de los explantes, al competir con ellos o generar modificaciones en el medio. También es importante mencionar que la mayoría de las especies forestales en condiciones *in vitro* presenta problemas de oxidación fenólica (Darias, 1993), hecho que afecta el establecimiento de los explantes.

En anteriores investigaciones Vega *et al.* (2004) han desarrollado un protocolo adecuado para la multiplicación en *Polylepis racemosa*, *P. besseri*, *P. tomentella* y *P. tarapacana*, donde determinaron que el medio de cultivo de TL (Tremblay & Lalonde, 1984) fue el que se generó mayor cantidad de brotes en las cuatro especies en estudio; de forma similar, este medio cultivo empleado favoreció en una mayor cantidad de brotes en *P. tomentella* ssp *nana*

(Vega *et al.*, 2007). En ese sentido, el presente trabajo tiene como finalidad estandarizar el proceso de desinfección de las yemas de *Polylepis pepeí*, al igual que su establecimiento y posterior multiplicación en condiciones *in vitro*.

Metodología

Fase de campo

La colecta del material vegetal se realizó en los bosques de Lampayani, donde se encuentra una población representativa de *P. pepeí* con un área total de bosque de 10 Ha, ubicada alrededor de la comunidad Keara en la provincia Franz Tamayo, dentro del Parque Nacional y Área de Manejo Integral Madidi del departamento de La Paz. El bosque de Lampayani se encuentra a lo largo de la Cordillera Real, estas regiones presentan un relieve de montaña que incluye mesetas de altura y suaves valles con un rango de altitud entre los 3.200 a 3.900 msnm, los ambientes abarcan vegetación de tipo mayormente arbustivo y herbáceo, y algunos grupos arborescentes como *Polylepis* spp. (Keñua).

Inicialmente se realizó la selección de plantas donadoras del material vegetal, viendo que los árboles de *P. pepeí* no muestren síntomas de enfermedades y que las ramas de los individuos presenten yemas juveniles, es decir, que no se encuentren en estado de floración. Para evitar sesgos de variabilidad genética se colectó las ramas *P. pepeí* de diferentes individuos dentro del bosque de Lampayani.

Luego se procedió al corte de ramas *P. pepeí* con un largo que oscilaba entre los 20 a 30 cm y cada rama tenía entre 1 a 3 yemas apicales; seguidamente las ramas se colocaron en bolsas de polietileno con agua dentro de una conservadora con la finalidad de evitar la pérdida de humedad de los tejidos, así como también minimizar los daños mecánicos durante el transporte hasta su llegada al laboratorio.

El trabajo de propagación *in vitro* se desarrolló en instalaciones de la Unidad de Biotecnología Vegetal del Instituto de Biología Molecular y Biotecnología, dependiente de la Universidad Mayor de San Andrés de la ciudad de La Paz.

Fase de laboratorio

Establecimiento de yemas de *P. pepeí* a condiciones *in vitro*

Las ramas con yemas de *P. pepeí* se colocaron en recipientes con agua para evitar su deshidratación, luego se escogieron y cortaron las yemas apicales juveniles de cada rama, el procedimiento de desinfección utilizando fue el protocolo establecido por Rocabado & Quezada (2004). Seguidamente, dentro de la cámara de flujo laminar se diseccionó la parte externa de las yemas quitando el tejido necrótico hasta obtener la yema con tejido meristemático, posteriormente se eliminó la pubescencia del tallo y cortando el mismo diagonalmente para su posterior siembra en el medio de cultivo (Chu *et al.*, 1975), el cual fue suplementado con 0,5 mg/l de AIB, 1 mg/l de AG3, 1 mg/l de BAP, 30 g/l de azúcar, 4,5 g/l de agar y ajustado a un pH de $5,7 \pm 0,1$.

Para una segunda introducción durante la desinfección se varió las concentraciones de hipoclorito de sodio (NaClO) y tiempos de inmersión en esta solución cuyos tratamientos consistieron en: T1 (1,5% NaClO*25 min.), T2 (1,7% NaClO*20 min.) y T3 (2% NaClO*15 min.). Durante esta fase se evaluaron: porcentaje de contaminación fúngica y bacteriana, porcentaje de sobrevivencia y grado de oxidación.

Multiplicación *in vitro*

Los explantes provenientes de la anterior fase fueron sembrados en tres medios, para los dos primeros se utilizó el medio basal TL (Tremblay & Lalonde, 1984), en el cual se varió las concentraciones de los reguladores de crecimiento cuyos medios correspondieron en: T1 (TL + 0,23 mg/l BAP + 0,1 mg/l AIB) y T2 (TL + 0,2

mg/l BAP) y el tercer medio estaba constituido por el medio basal (Chu *et al.*, 1975) con 0,5 mg/l de AIB + 1 mg/l de AG3 + 1 mg/l de BAP (T3). Pasado los 30 días de siembra se evaluaron el número y altura de brotes y número de hojas/brote.

Resultados y discusión

Establecimiento in vitro

Efectividad de la desinfección de la primera prueba de introducción

La desinfección de los explantes fue efectiva porque no se presentó contaminación, sin embargo, este tratamiento desinfectante (2% de hipoclorito de sodio por 15 minutos) fue muy agresivo con los explantes ya que redujo la sobrevivencia a 31,5%..

Segunda prueba de introducción:

Contaminación fúngica y bacteriana

El porcentaje de contaminación fúngica varió significativamente en relación a los tratamientos de desinfección ($F=7,00$; $GL_{2, 219}$; $P<0.001$). Ya que se evidenció, que en el tratamiento T3 (2% NaClO*15 min.) se presentó un menor porcentaje de contaminación (0,7%); y el mismo resultó ser diferente a los otros dos tratamientos desinfectantes. Esta solución desinfectante utilizada presentaba mayor concentración de hipoclorito de sodio en comparación con los demás tratamientos, razón por la que el desinfectante actuó de manera más eficiente en la eliminación de los agentes patógenos. Sin embargo, en los tratamientos desinfectantes T1 (1,5% NaClO*25 min.) y T2 (1,7% NaClO*20 min.) se presentó un 14,8% y 8,9% de contaminación fúngica, respectivamente.

El T1 los explantes estuvieron inmersos durante un tiempo más prolongado, pero con una menor concentración de hipoclorito de sodio, no obstante este periodo de tiempo no llegó a ser su-

ficiente para tener una eficaz desinfección, por lo tanto, podría obtenerse un mayor grado de contaminación con relación al T2. No obstante, el T2 a pesar de que la concentración de hipoclorito de sodio fue relativamente mayor que T1 y con un tiempo de exposición menor, la contaminación fúngica fue relativamente baja. Este resultado hace suponer que la concentración de hipoclorito de sodio en *P. pepei* probablemente sea un parámetro determinante que el tiempo, ya que los rangos de intervalo de 5 minutos que tenía cada tratamiento al parecer no afectaron.

Por otro lado, no se observaron diferencias significativas en cuanto a la contaminación bacteriana de los diferentes tratamientos de desinfección ($F=1,44$; $GL_{2, 219}$; $P>0.001$).

Oxidación

El análisis estadístico mostró diferencias estadísticas en la oxidación ($F=3,63$; $GL_{2, 219}$; $P<0,001$). La figura 1 muestra que T2 presentó mayor número de explantes con un nivel de oxidación 2 (la oxidación es relativamente leve, la cual no ocasiona la muerte de los explantes). La oxidación se produce debido a un daño mecánico al explante que conlleva a la liberación de radicales libres como los fenoles, que se expresan con un empardecimiento del medio de cultivo que se inicia en las zonas cercanas al explante y que puede extenderse por todo el medio como consecuencia del proceso de oxidación, pudiendo llegar a impedir al explante la absorción de nutrientes a tal nivel que cause su muerte (Quezada, 2005, citado en Mamani, 2005).

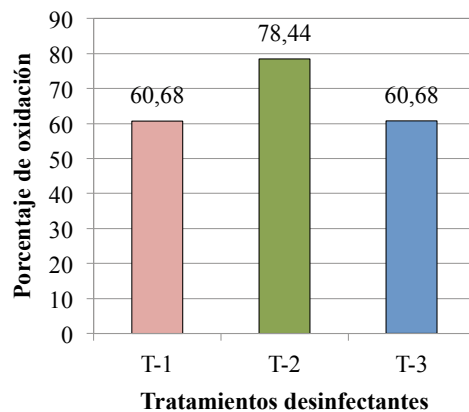


Figura 1. Porcentaje de explantes oxidados en tres tratamientos desinfectantes.

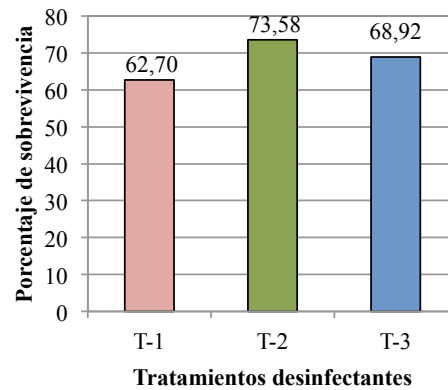


Figura 3. Porcentaje de sobrevivencia por tratamientos de desinfección.



Figura 2. Grados de oxidación a) Relativamente leve y b) Leve (ambos grados no ocasionan muerte de los explantes).

Sobrevivencia

En relación a los porcentajes de sobrevivencia (figura 3), se evidenció que en los tres tratamientos de desinfección no difirieron entre sí ($F=1,40$; $GL_{2,219}$; $P>0,001$). El T2, T1 y T3 presentaron un 73,6%, 68,9% y 62,7% de sobrevivencia, respectivamente.

Al presentar un bajo porcentaje de sobrevivencia en *P. pepei* al emplear 2% de hipoclorito de sodio por 15 minutos de desinfección probablemente este resultado se debió a que este tratamiento desinfectante fue estandarizado para yemas apicales de *P. racemosa* (Quezada & Rocabado, 2005), que son de mayor tamaño y con mayor pubescencia, por lo que el tejido se encuentre menos expuesto a la acción agresiva del desinfectante. Mientras que las yemas de *P. pepei*, al ser más pequeñas y menos pubescentes, son más sensibles al desinfectante. En este sentido, se puede señalar que los explantes de *P. pepei* no soportaron altas concentraciones de hipoclorito de sodio, llegando de esta manera a reducir la sobrevivencia.

El T3 (2% NaClO*15 min.) presentó mayor efectividad en la desinfección, sin embargo, también fue en el que se presentó mayor porcentaje de muerte de los explantes (30,4%) y de estos sobrevivieron un 68,9%. En el T1 (1,5% NaClO*25 min.) se perdieron los explantes por contaminación (14,8%) y un 22,5 por necrosis y un 62,7 sobrevivieron. Sin embargo, el T2 (1,7% NaClO*20 min.) fue el más eficiente tratamiento desinfectante en las yemas de *P. pepei* ya se logró establecer un 73,6% de explantes con bajo porcentaje de contaminación (8,9%) y con relativo bajo porcentaje de explantes muertos (17,5%).

Fase de multiplicación *in vitro*

Número de brotes

El número de formados en los tres medios de cultivo durante el primer subcultivo en *P. pepei* no varió significativamente ($F=2,71$; $GL_{2,57}$; $P>0,001$). Sin embargo, se evidencia que en el medio de cultivo (Chu *et al.*, 1975) con 0,5 mg/l de AIB + 1 mg/l de AG₃ + 1 mg/l de BAP (T3) presentó mayor cantidad de brotes que los otros dos medios de cultivo, de los cuales el medio basal de sales fue el medio TL (Tremblay & Lalonde, 1984), ver figuras 4 y 5.

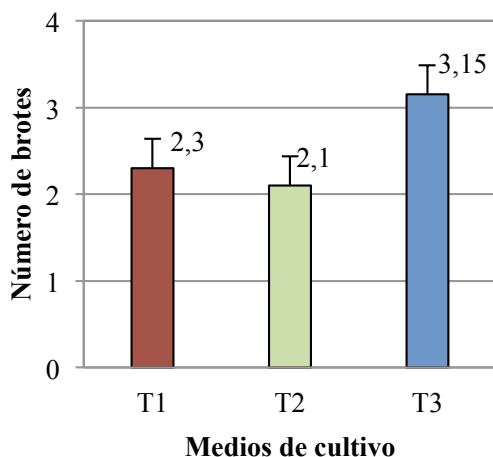


Figura 4. Número de brotes en diferentes medios de cultivo T1 (TL + 0,23 mg/l BAP + 0,1 mg/l AIB), T2 (TL + 0,2 mg/l BAP) y T3 (Chu *et al.*, 1975) + 0,5 mg/l de AIB + 1 mg/l de AG₃ + 1 mg/l de BAP.

Comparando con otra especie del género *Polylepis* que fueron sometidos al mismo medio de cultivo del T1 (TL + 0,23 mg/l BAP + 0,1 mg/l

AIB) en *P. tomentela* ssp *nana* (Vega *et al.*, 2007) formaron 6 brotes. Mientras que en *P. pepei* fue 2 veces menor (2,3 brotes) en relación a *P. tomentela* ssp *nana*. Estos resultados sugieren que la respuesta en cuanto al número de brotes está influenciado por el genotipo a cultivar y el estado de desarrollo de la planta, tal como afirma Pierik (1990).

No obstante, en un estudio realizado por Jaramillo (2008) en *P. microphylla* en el medio de cultivo T3 (Chu *et al.*, 1975 + 0,5 mg/l de AIB + 1 mg/l de AG₃ + 1 mg/l de BAP) obtuvo 2,9 brotes. Se podría señalar que en *P. pepei* se obtuvo un similar resultado ya que en la especie en estudio se obtuvo 3,1 brote. Pero utilizando 1,5 mg/l de BAP + 1,5 mg/l de AG₃ 0,5 mg/l de AIB en *P. microphylla* se incrementa el número de brotes (4).

Altura de los brotes

La longitud de los brotes de *P. pepei* difirieron significativamente en los tres medios de cultivo utilizados ($F=4,59$; $GL_{2,57}$; $P<0,001$). Siendo el T3 (Chu *et al.* + 0,5 mg/l de AIB + 1 mg/l de AG₃ + 1 mg/l de BAP) el que presentó brotes con mayor altura (12,9 mm) y este tratamiento fue estadísticamente diferente del T1; pero el T3 tuvo un comportamiento similar que T2. Es así que el T2 (TL + 0,2 mg/l BAP) generó brotes que alcanzaron una altura promedio de 10,2 mm, mientras que en el T1 (TL + 0,23 mg/l BAP + 0,1 mg/l AIB) se observó una menor longitud de los brotes de 10,9 mm (figura 6).



Figura 5. Brotes que se desarrollaron en el medio de cultivo (Chu *et al.*, 1975)

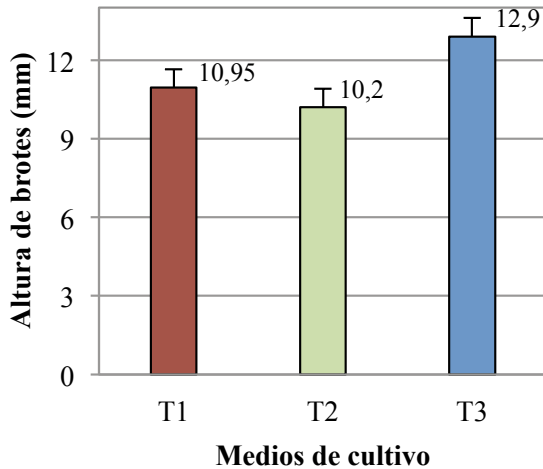


Figura 6. Longitud de brotes en diferentes medios de cultivo. T1 (TL + 0,23 mg/l BAP + 0,1 mg/l AIB), T2 (TL + 0,2 mg/l BAP) y T3 (Chu *et al.*, 1975 + 0,5 mg/l de AIB + 1 mg/l de AG₃ + 1 mg/l de BAP).

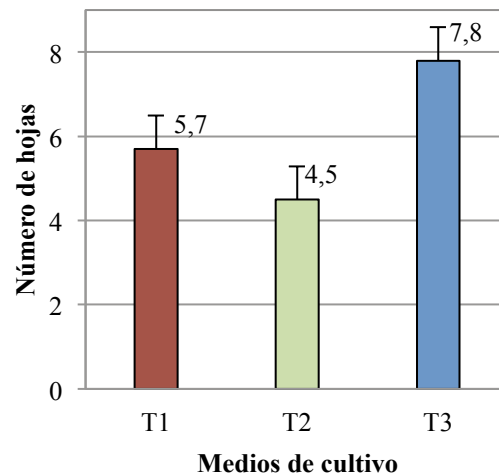


Figura 7. Número de hojas por brote subcultivado en diferentes medios de cultivo. T1 (TL + 0,23 mg/l BAP + 0,1 mg/l AIB), T2 (TL + 0,2 mg/l BAP) y T3 (Chu *et al.*, 1975 + 0,5 mg/l de AIB + 1 mg/l de AG₃ + 1 mg/l de BAP).

La mayor longitud registrada en el medio de cultivo del T3 (Chu *et al.*, 1975 + 0,5 mg/l de AIB + 1 mg/l de AG₃ + 1 mg/l de BAP) probablemente se deba a que este medio de cultivo se tiene 9 veces de AIB que el T1 y además tiene suplementado 1 mg/l de AG₃ a diferencia de los otros dos medios de cultivo del (T1 y T2). La razón por la cual se observó mayor longitud de los brotes en el T3 se debe a que el AIB y AG₃ promueven el alargamiento celular (Gómez, 1999).

Número de hojas

El número de hojas formadas en los distintos medios de cultivo durante la multiplicación *in vitro* en *P. pepei* fue significativamente diferente ($F=4,50$; $GL_{2,57}$; $P<0,001$). Ya que los brotes que estaban en el medio de cultivo (Chu *et al.*, 1975 + 0,5 mg/l de AIB + 1 mg/l de AG₃ + 1 mg/l de BAP) del T3 presentaron mayor número de hojas (7,8) siendo este medio de cultivo estadísticamente diferente del T1 (TL + 0,23 mg/l BAP + 0,1 mg/l AIB); pero el T2 (TL + 0,2 mg/l BAP) fue estadísticamente similar que el T1 y T3. Llegándose a formar en el T2 y T1 4,5 y 5,7 hojas por brote subcultivado, respectivamente (figura 7).

Durante esta fase, en el segundo y tercer subcultivo se evidenció en los brotes de *P. pepei* la presencia de bacterias, que aparecieron inicialmente en la base de los brotes en un 90% de los mismos; se piensa que este tipo de contaminación pudo deberse a causa de una bacteria endógena, ya que durante la fase de introducción y en el primer subcultivo no se presentó dicha bacteria, probablemente esta expresión se debió al incremento de la temperatura en la cámara de crecimiento (aproximadamente de 32 ± 2 °C). Para mitigar este efecto, un grupo de brotes fue inmerso en una solución de gentamicina y los demás fueron desinfectados con hipoclorito al 0,2% durante un minuto, para nuevamente pasarlos a medio fresco. A pesar de la aplicación de estos tratamientos desinfectantes, la bacteria volvía a expresarse, debido a esto se hizo un antibiograma, prueba que determinó el antibiótico preciso para eliminar este problema; además se determinó que era una bacteria Gram negativa resistente a la gentamicina, la cual se desarrollaba mejor en altas temperaturas (25-37 °C); a consecuencia de ello se perdió todo el material vegetal. Al respecto, Digonzelli (2007) menciona que las bacterias son los contaminantes más comunes y ocasionan serios problemas porque pueden ser sistémicas y son di-

fíciles de detectar. Algunas son endógenas, o sea viven con el explante, y son muy difíciles de eliminar. A menudo no se observan en los primeros subcultivos, manifestándose en la fase de multiplicación.

Estos microorganismos escapan a los efectos de desinfección superficial y pueden ser inter o intracelulares, entre los últimos se encuentran muchos géneros bacterianos como: *Agrobacterium*, *Bacillus*, *Corynebacterium* y *Pseudomonas*. Se descartó la idea de trabajar con antibióticos, ya que podrían afectar la multiplicación y desarrollo de las vitroplantas, de esa forma también a la tasa de crecimiento de los tejidos cultivados (George & Sherrington, 1984).

Conclusiones

El mejor tratamiento desinfectante para yemas de *P. pepeii* fue el T2 (1,7% NaClO*20 min.). El me-

dio que presentó mejores resultados para la fase de multiplicación *in vitro* en *Polylepis pepeii* fue el medio Chu *et al.* (1975) + 0,5 mg/l de AIB + 1 mg/l de AG3 + 1 mg/l de BAP.

Recomendaciones

Repicar los explantes cada 20 días durante los primeros subcultivos, de manera que se vaya quitando el tejido muerto de la base del explante. Realizar estudios de la bacteria presentada durante la etapa de multiplicación, que esclarezcan el origen de la misma (endógeno) y, por otro lado, el factor que induzca su expresión bajo condiciones *in vitro*.

Realizar pruebas de enraizamiento utilizando como medio basal el medio Chu *et al.* Llevar a cabo pruebas de enraizamiento *ex vitro* de vitroplantas de *Polylepis pepeii* en vivero.

Referencias citadas

- Cruz, A.S. 1999. Efecto de sustratos orgánicos en la reproducción vegetativa de la queñua (*P. incana*, H.B.K.) Rosoideae. Tesis de Grado. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. 92 pp.
- Darias, R. 1993. Recopilación de temas sobre técnicas de cultivo *in vitro*. Oruro, Bolivia. UTO. Universidad Camilo Cienfuegos de Matanzas. Cuba. 169 p.
- Digonzell P., Díaz L., Carrizo S., Latife J. & Sosa S. 2007. Diferentes dosis de ppm para controlar la contaminación bacteriana y sus efectos sobre el crecimiento *in vitro* de caña de azúcar en la etapa de multiplicación consultado 15 de agosto 2007, disponible en línea http://www.redbio.org/portal/encuentros/enc_2001/posters/01/posterpdf/01-083/=Texto=.PDF.
- Fjeldsa J. & Kessler, M. 1996. Ecología en Bolivia. Revista del Instituto de Ecología, N° 9. Edición Instituto de Ecología (UMSA). La Paz, Bolivia. pp. 1-13
- George, E y Sherrington D. 1984. Plant Propagation by Tissue Culture. Volume 1. Handbook and Directory of Comercial Laboratories, England. 679 pp.
- Gómez, R. 1999. Aplicaciones de la Biotecnología en la Mejora Genética de Plantas y la Producción de semillas. Modulo 1: Cultivo *in vitro*. Ed. rev. Santa Clara, Cuba. s.e. pp. 32-47.
- Jaramillo, P. 2008. Establecimiento del cultivo *in vitro* de *Polylepis microphylla* como futura estrategia de conservación de la especie en la provincia del Chimborazo. Tesis de licenciatura en la Escuela Politécnica del Ejército – Departamento de Ciencias de la vida Ingeniería en Biotecnología. 117 pp.
- Mamani, B. 2005. Comportamiento *in vitro* de dos variedades de frutilla (*Fragaria ananassa Duch.*) para su micropropagación en diferentes medios de cultivo. Tesis de Lic. en Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. 100 p.
- Quezada, J. y P. Rocabado. 2005. Inducción del enraizamiento *in vitro* de brotes caulinares de *Polylepis racemosa* a través del manejo de la concentración de ácido indolacético (AIA) y sacarosa. En Revista BIOFARBO, Órgano Oficial del Colegio de Bioquímica y Farmacia de Bolivia. La Paz, Bolivia. 83-86 pp.
- Pierik, R. 1990. Cultivo *in vitro* de plantas superiores. Ed. Rev. Editorial Mundi-prensa. Madrid España. 327 pp.
- Vega, C. 2002. Introducción y micropropagación *in vitro* de cuatro especies de Keñua (*Polylepis* sp.) del departamento de La Paz. Tesis de Grado. Universidad Loyola. Carrera de Agronomía. La Paz, Bolivia. 112 pp.
- Vega, C. 2007. Propagación masiva de *Polylepis tomentela* Weddell ssp. nana mediante técnicas de cultivo *in vitro*. Revista Ecología en Bolivia Vol. 42(2) 102-120 pp.

Agradecimientos

Este trabajo fue realizado gracias al financiamiento de la Asociación Armonía, dentro del marco del proyecto Conservación de Aves Amenazadas de los Bosques de *Polylepis* en Bolivia, bajo la coordinación de la Lic. Isabel Gómez.

Caracterización morfológica de 151 accesiones de papa (*Solanum tuberosum* subespecie *stenotomun* Juz. & Bukasov) de la Colección Nacional de Tubérculos Andinos del INIAF (Toralapa-Cochabamba)

Maritza Paxi Solares¹, Rosario Lucero², Juan José Vicente²

¹Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias-UTO

²Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF), Calle Batallón Colorados N° 24, Edificio El Cóndor Piso 16, La Paz.

e-mail: www.mari17-25@hotmail.com

Resumen

En el Banco de Germoplasma de Tubérculos y Raíces Andinas, que se encuentra bajo custodia del Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF), la colección de papa presenta 1.856 accesiones correspondientes a ocho especies. El presente estudio tuvo el objetivo de analizar las características morfológicas de 151 accesiones de papa de *Solanum tuberosum* subespecie *stenotomun* (Juz. & Bukasov). Se realizó la caracterización morfológica de las accesiones de papa con base en la metodología propuesta por el CIP (2005), evaluando 29 descriptores cualitativos. Estas variables fueron procesadas con análisis de estadística descriptiva (frecuencias), las técnicas multivariadas de agrupamiento utilizando la distancia euclidiana y el análisis de consenso (Procrustes) entre las características agrupadas en matrices a nivel tubérculo y planta. El análisis de conglomerados permitió caracterizar el germoplasma en siete grupos; por otra parte, el análisis de consenso (procrustes generalizado) permitió determinar un 74,1% de consenso entre los grupos de descriptores morfológicos registrados a nivel de planta (fruto, flor, planta) con descriptores a nivel de tubérculo.

Palabras clave: papa, recursos genéticos, caracterización morfológica, análisis multivariado.

Abstract

The Germplasm Bank of Andean Tubers and Roots in custody of INIAF (National Institute of Agricultural and Forestry Innovation), presents 1856 potato accessions corresponding to eight species of potato. This study aimed to analyze the morphological characteristics of 151 accessions of potato *Solanum tuberosum* subspecies *stenotomun* (Juz. & Bukasov). The morphological characterization of the accessions of potato was based on the methodology proposed by the CIP (2005) this way were evaluated 29 qualitative descriptors. These variables were processed with descriptive statistical analysis (frequencies), multivariate analysis; clustering using Euclidean distance and consensus analysis (Procrustes) between the characteristics grouped into arrays of tuber and aerial part. Cluster analysis allowed characterizing germplasm into seven groups; For another hand the consensus analysis (generalized Procrustes) allowed determining a 74.1% consensus between groups of morphological descriptors evaluated at plant level (fruit, flower, ground) and level descriptors tuber.

Keywords: potato, genetic resources, morphological characterization, multivariate data analysis

Introducción

La papa es uno de los cinco alimentos más importantes del mundo, además se adapta a diversas condiciones ambientales de los países; el cultivo es muy importante por su valor nutricional, así se colabora con la seguridad alimentaria del mundo, de ahí surge la necesidad de conservar el material genético en los bancos de genes de tubérculos, que para mejorar el manejo realizan la caracterización y evaluación de las accesiones para evitar duplicados, erosión genética, pérdida y cambios a lo largo del tiempo. En este sentido, el trabajo refleja la variabilidad de 151 accesiones de papa de la subespecie *Solanum stenotomun* del Banco de Nacional de Tubérculos Bolivia, administrado por INIAF.

Con estos antecedentes, el presente trabajo de investigación tuvo los objetivos de caracterizar morfológicamente el germoplasma de 151 accesiones de papa para describir la variabilidad morfológica y complementar la base de datos del Banco Nacional de Tubérculos.

Materiales y métodos

Zona de estudio

El presente trabajo se desarrolló durante la gestión agrícola 2013-2014 en la Estación Experi-

mental de Toralapa, ubicada en la provincia Tiraque, primera sección, Latitud 17° 28' 35.01" S, Longitud 65° 39' 9.88" O, Altitud 3526 msnm, a una distancia de 73 km de la ciudad de Cochabamba, sobre la carretera antigua a Santa Cruz. La temperatura promedio es de 12,7 °C y con una precipitación pluvial de 573 mm/año (Senamhi, 2014) como se especifica en la figura 1.

La estrategia de conservación de los tubérculos andinos sigue una lógica de uso de metodologías complementarias, esta actividad empieza la primera quincena del mes de octubre 2013 con la ayuda de un tractor para las labores de roturado, rastreado y desterronado. Posteriormente se procedió a mullir y nivelar el área de estudio para facilitar la emergencia y uniformidad de las plantas.

Se preparó la semilla de accesiones de papa (*Solanum stenotomun*), antes de la siembra se realizó la selección de tubérculos de semilla para la siembra, verificando la pertenencia de las accesiones a cada grupo según su descripción morfológica, la siembra se realizó en surcos, con una distancia entre surcos de 0,85 m, distancia entre plantas de 0,30 m en bloque de 3,5 m y distancia entre bloques de 1m y en cada surco 15 tubérculos sembrados, se realizó la siembra en suelo húmedo con la ayuda de un tractor agrícola para abrir los surcos y cubrir la semilla. Se realizaron

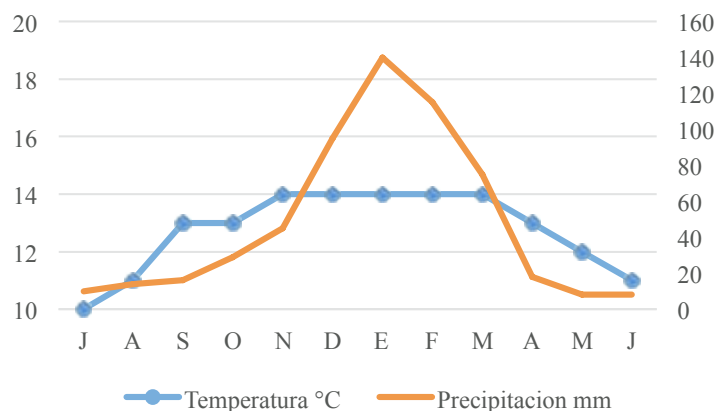


Figura 1. Distribución de la precipitación total mensual y la temperatura media mensual durante la gestión agrícola 2013-2014 en la E.E. Toralapa.

las labores culturales correspondientes, como el control de malezas, ataque de insectos y enfermedades (controles preventivos especialmente contra gorgojo, polilla, manchas foliares y tizón tardío), drenajes para evitar pudriciones en los tubérculos, aporques, selección negativa y positiva (eliminación de plantas atípicas).

La cosecha se efectuó en la segunda quincena de abril del 2014, se colocaron en sacos tipo red 60 tubérculos representativos por accesión, debidamente identificados y se colocaron en cajas también identificadas, en el silo de almacenamiento, las cajas plásticas, se ubicaron en estantes con base en el orden de secuencia de la siembra en el campo.

Caracterización morfológica

Para una mejor evaluación de las accesiones de papa se tomó en cuenta variables cualitativas, que expresan una cualidad, atributo o característica, para su caracterización morfológica y evaluación se les asignó un código. El trabajo se dividió en tres fases: floración, fructificación y evaluación de tubérculos a la cosecha, metodología propuesta por el Centro Internacional de Papa (CIP, 2006), lista descriptores y tablas de colores de papa.

Se observó un mínimo de tres plantas representativas, es decir, aquellas que expresaron las características de forma similar que las otras; no se consideró las plantas que crecen en los extremos para evitar el efecto de borde. Teniendo en cuenta estas consideraciones se procedió la caracterización según la secuencia de crecimiento y desarrollo; la caracterización de los tubérculos se realizó inmediatamente después de la cosecha, seleccionando 10 tubérculos representativos de cada accesión, sin daños y sanos. La toma de fotografías se realizó paralelamente a la caracterización de tubérculos.

Los descriptores registrados fueron: Hábito de la planta (HPL), Color del tallo (CTL), Forma alas tallo (FAL), Tipo de disección (TDS),

Número foliolos laterales (NFL), Número interhojuelas entre foliolos laterales (NIF), Número de interhojuelas sobre peciolulos (NIP), Grado de floración (GFL), Pigmentación en el pistilo (PPT), Color de la baya (CBY), Forma de la baya (FBY), Forma general del tubérculo (FGR), Forma rara o variante de forma del tubérculo (FRA), profundidad de ojos (POJ), Color predominante de la piel del tubérculo (CPPL), Intensidad color predominante (INTC), Forma de la corola (FCL), Color predominante de la flor (CPF), Intensidad de color predominante de la flor (INT), Color secundario de la flor (CSF), Distribución del color secundario de la flor (DCS), Color del pedicelo (CPL), Color del cáliz (CLZ), Pigmentación en anteras (PAN), Color secundario piel tubérculo (CSP), distribución del color secundario de la piel del tubérculo (DSCPL), color predominante de la piel del tubérculo (CPPL), Color secundario de la pulpa del tubérculo (CSPL), Distribución del color secundario de la pulpa del tubérculo (DCSP), Color principal de la carne del tubérculo (CPP), Color secundario de la carne del tubérculo (CSPL), Distribución del color secundario de la carne del tubérculo (DCSP).

Resultados y discusión

Los resultados se discuten sobre 151 accesiones caracterizadas y evaluadas, se tomó en cuenta 28 variables cualitativas, después de discriminar variables que no presentaron variación. A continuación se describe el análisis de frecuencias que permitió ver el comportamiento de las accesiones para cada una de las variables cualitativas.

En el análisis de frecuencias se tienen los siguientes resultados: predominan las accesiones de HPL decumbentes y semierectas (43 y 42%). En la hoja (TDS) todas fueron disectadas, en NFL predominan 4 pares de foliolos (56%); en NIF 2 pares (64%); en el NIP sobresale el carácter ausente (85%) (sin interhojuelas); en CTL predomina el color verde con pocas manchas (36%), también de importancia el color verde

con muchas manchas (19%); en FAL se presentó la forma recta con 50%; en el GFL es notoria la floración profusa (57%); en la FCL la forma rotada (68%). En cuanto a color de la flor sobresale el morado (54%); con color predominante oscuro (40%), en el CSF el carácter predominante es ausente (67%), es decir, no tiene color secundario de flor; en PAN predominan anteras sin antocianinas (68%) sin pigmentación en anteras; en PPT predomina el pistilo sin antocianinas (47%); en CLZ Cáliz pigmentado con poco verde (28%); Pedicelo ligeramente pigmentado a lo largo de la articulación (52%); en las bayas predomina el color verde (43%) con forma globosa (64%); en el tubérculo presentó el color marrón en la piel del tubérculo con intensidad oscuro (45%); en CSP o color secundario predomina el estado ausente (42%), en la forma se notan las siguientes caracteres: comprimido, elíptico, oblongo, ovalado y oblongo-alargado con 21%, 15%, 18%, 17%, 13%, respectivamente, y como variante la forma concertinada con 4% (la mayoría de las accesiones el 89% no

tiene forma rara). En lo referente a la profundidad de ojos el carácter más frecuente es de ojo medio profundo (46%); en la carne del tubérculo presentó el color crema (43%) y como color secundario el color morado en 16% (el 44% no tiene color secundario) y la distribución del color secundario sobresale en frecuencia el carácter de pocas manchas (32%).

Con el método de agrupamiento jerárquico de Ward, obtenido a partir de la matriz de distancias euclídeas, se puede visualizar los patrones de variación entre las variables estudiadas. En el dendrograma se puede apreciar las variables que formaron fusiones con mayor homogeneidad, constituyéndose en siete grupos. El primer grupo está conformado por 39, 29, 25, 10, 6, 35 y 7 accesiones; los grupos con menor cantidad de accesiones presentan distancias de aglomeración promedio menores al resto de los grupos, por su baja cantidad de accesiones pueden considerarse agrupaciones homogéneas en las características evaluadas.

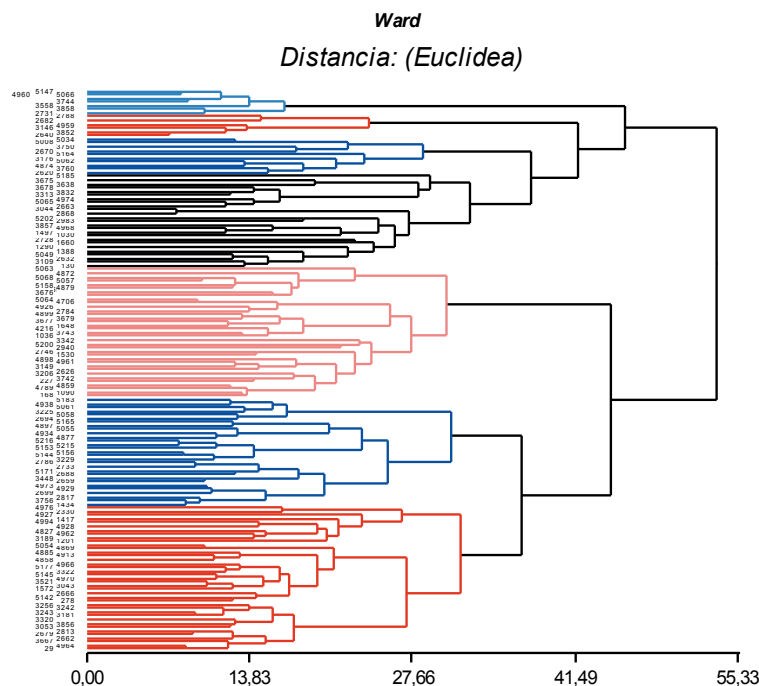


Figura 2. Dendrograma de agrupamiento jerárquico mediante el método de Ward de 151 accesiones de papa nativa de la subespecie *Solanum stenotomum* Juz. & Bukasov., basadas en la distancia euclidiana según caracterización morfológica.

Cuadro 1. Frecuencias absolutas de caracteres morfológicos frecuentes a nivel de planta de siete grupos de accesiones obtenidas según el análisis de Ward, de la colección de 151 accesiones de papa de la subespecie *Solanum stenotomum* Juz. & Bukasov.

Descriptor (planta)/Grupo	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7
Hábito de crecimiento de la planta (HPL)							
Decumbente	21		11	4	4	10	6
Semierecto	15	16	9	4	2	17	
Semiarrosetado	3	4	3	2		7	7
Número de foliolos laterales de la hoja (NFL)							
3 pares	1	2	2		3		
4 pares	21	20	14	6	3	19	2
5 pares	17	7	9	4		15	5
Número interhojuelas entre foliolos laterales de la hoja (NIF)							
1 par	7	9	8	1	4	12	
2 pares	28	20	16	4	2	21	5
3 pares	4		1	5		2	2
4 ó más pares	39	29	25	10	6	35	7
Número interhojuelas sobre peciolulos de la hoja (NIP)							
Ausente	36	27	18	7	6	30	5
1 par	3	2	7	3		5	2
Color de tallo (CTL)							
Verde	2	2	3		5		
Verde con pocas manchas	21	10	14			2	7
Verde con muchas manchas	11	12	4	1		1	
Pigmentado con abundante verde	3	2	2	3	1	9	
Pigmentado con poco verde	2	2		4		11	
Rojizo			2	2		1	
Morado		1				11	
Forma de las alas-tallo (FAL)							
Ausente						5	
Dentado	9	10	8	1		7	
Ondulado	13	6	7	1		2	6
Recto	17	13	10	8	6	21	1

Cuadro 2. Frecuencias absolutas de caracteres morfológicos frecuentes a nivel de flor de siete grupos de accesiones obtenidas según el análisis de Ward, de la colección de 151 accesiones de papa de la subespecie *Solanum stenotomum* Juz. & Bukasov.

Descriptor /estado (flor)	Grupo						
	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7
Grado de floración (GFL)							
Floración moderada	18	7	8	3	3	9	4
Floración profusa	21	22	7	7	3	24	2
Floración escasa			10			2	1
Forma de la corola (FCL)							
Semiestrellada			3	2		1	
Pentagonal	2	3	18		1	8	6
Rotada	37	26	3	8	5	23	1
Color predominante de la flor (CPF)							
Blanco	2	1	1		6	1	
Rojo- morado	17	2	3	3			
Azul-morado						1	7
Lila			1	5			
Morado	19	25	13	2		23	
Violeta	1	1	6			10	
Intensidad de color predominante de la flor (INT)							
Pálido	4	3	8		6	13	7
Intermedio	10	8	12	8		12	
Intenso / Oscuro	25	18	5	2		10	
Color secundario de la flor (CSF)							
Ausente	31	21	10	2	6	30	1
Blanco	5	8	15	8		5	6
Distribución del color secundario de la flor (DCS)							
Ausente	32	21	10	2	6	30	1
Acumen (blanco) – Envés	2	6	4	7		5	6
Acumen (blanco) – Ambos	1	2	9				
Pigmentación en anteras (PAN)							
Sin antocianinas	32	18	22	6	6	12	7
Bandas laterales pigmentadas (PAS)	5	6		2		12	
Mancha pigmentada en el ápice (PAT)	2	5	3	1		8	
Pigmentación en el pistilo (PPT)							
Sin antocianinas	28	5	14	1	6	12	5
Estigma Pigmentado (PS)	1	5	1	2		1	2
Pigm. en Pared Interna del Ovario (POW)	9	19	6	5		20	
Color del cáliz (CLZ)							
Verde con pocas manchas	1		1	4	4	1	2
Verde con abundantes manchas	5	2	3	4		13	2
Pigmentado con abundante verde	7	11	11		1	6	3
Pigmentado con poco verde	18	9	4	1		10	
Rojizo	1		3	1		1	
Morado	7	7	2			4	

Continúa ...

Continuación ...

Descriptor /estado (flor)	Grupo						
	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7
Color del pedicelo (CPL)							
Verde			1		5		
Sólo articulación pigmentada	1	5	1	1		1	1
Ligeramente pigmentado a lo largo s/artic			15	1			
Lig pigm. a lo largo y en articulación	24	10		4		18	6
Pigmentado sobre la articulación	4	6	1	1	1	1	
Pigmentado debajo de la articulación	1	1	1	2		9	
Mayormente pigmentado y articulación verde	4	2				1	
Completamente pigmentado	5	5	6	1			

Cuadro 3. Frecuencias absolutas de caracteres morfológicos con mayor frecuencia nivel de tubérculo de siete grupos de accesiones obtenidas según el análisis de Ward, de 151 accesiones de papa de la subespecie *Solanum stenotomun* Juz. & Bukasov.

Descriptor /estado (tubérculo)	Grupo						
	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7
Color predominante de la piel tubérculo (CPPL)							
Amarillo	3		2			3	
Marrón	23	3	8		4	4	
Rojo	1	2	1	1			
Rojo- morado	5	6	10	9		7	
Morado		2	3			10	
Negruzco	2	16	1			11	7
Intensidad color predominante de piel del tubérculo (INTC)							
Intenso / oscuro	9	21	8	3	2	20	7
Intermedio	13	4	8	6		12	
Pálido / claro	17	4	9	1	4	3	
Color secundario de piel del tubérculo (CSP)							
Ausente	8	27	10	6	1	6	6
Blanco- crema	1		3	1	1	3	
Marrón	3		2	1		14	1
Rojo- morado	15	1	4		4	2	
Morado	4	1	2			1	
Negruzco	6		1			9	
Distribución del color secundario de piel del tubérculo (DSCPL)							
Ausente	8	27	10	6	1	6	6
En los ojos	5		2	4	3		1
Manchas dispersas	18	1	9			17	
Como anteojos	2				1	4	
Manchas salpicadas	6	1	4		1	2	

Continúa ...

Continuación ...

Descriptor /estado (tubérculo)	Grupo						
	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7
Forma general del tubérculo (FGR)							
Alargado	1		1	1			1
Comprimido	10	15	1			3	
Elíptico	4	2	2	3		5	4
Oblongo - alargado	5	1	8	3			
Oblongo	9	3	1		2	9	
Obovado	3		1			1	1
Ovalado	1	2		3	4	9	
Redondo	1					5	1
Profundidad de los ojos del tubérculo (POJ)							
Superficial	18	7	14	2	5	14	6
Medio	19	15	9	6		20	1
Profundo	2	3		2	1	1	
Color predominante de carne de tubérculo (CPP)							
Blanco	7	10	1	2	1	11	
Crema	18	11	12	8	2	14	
Amarillo claro	5	4	8		3	2	
Amarillo	4	2	2			5	1
Amarillo intenso	5	2	2			2	6
Color secundario de carne del tubérculo (CSPL)							
Ausente	22	12	18		5	4	1
Amarillo claro	7	2	3	2		1	
Amarillo	3	1	1	1	1	1	
Amarillo intenso	3					6	6
Morado	1	6	2			15	
Violeta	1	7	1	1		7	
Distribución del color secundario de carne del tubérculo (DCSP)							
Ausente	22	12	18		5	4	6
Pocas manchas	15	6	6	5	1	15	1
Áreas	1	4		2		12	
Anillo vascular angosto	1			2		1	
Anillo vascular ancho		4					
Anillo vascular y médula		3	1	1		3	

Respecto a la variabilidad de caracteres cualitativos tanto en planta (parte aérea) como a nivel de tubérculo, las accesiones de *S. stenotomum* conforman varios grupos (cuadros 1 al 3), a nivel de tubérculos los estados más diferenciados son el color predominante de la piel del tubérculo (CPPL) con mayor discriminación para el color marrón, rojo morado, morado y negruzco,

en cuanto la forma general del tubérculo (FGR) se presenta mayor frecuencia de formas comprimidas, es apreciable la elevada diversidad morfológica entre los diferentes aglomeramientos, aspecto que se visualiza en las fotografías 1 y 2, cada accesión posee características morfológicas peculiares además de ser procedentes de varias regiones del Estado Plurinacional de Bolivia.



Fotografías 1 y 2. Accesiones de papa *Solanum stenotomun* Juz. & Bukasov del Banco de Germoplasma del INIAF (Torlapa, Cochabamba) caracterizadas a nivel de tubérculo.

Cuadro 4. Frecuencias absolutas de caracteres morfológicos a nivel de fruto o baya de siete grupos de accesiones obtenidas según el análisis de Ward, de 151 accesiones de papa de la subespecie *Solanum stenotomun* Juz. & Bukasov.

Descriptor/estado	Grupo						
Color de baya (CBY)	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7
Verde	17	8	12	4	4	18	2
Verde con pocos puntos blancos	3		4	5		2	5
Verde con bandas blancas			1				
Verde con abundantes puntos blancos		1	3		1	1	
Verde con áreas pigmentadas	4	6				10	
Verde con bandas pigmentadas	15	14	5	1	1	4	
Forma de la baya (FBY)							
Globosa	20	22	13	9	6	27	
Ovoide	14	6	7	1		6	
Cónica	2		2				
Periforme	3	1	3			2	7

Cuadro 5. Análisis Procrustes generalizado para descriptores a nivel de planta y tubérculo de 151 accesiones de papa de la subespecie *Solanum stenotomun* Juz. & Bukasov.

Grupo de variables	Consenso	Residuo	Total	Proporción de consenso
Variables morfológicas (planta)	0,741	0,259	1	0,741
Variables morfológicas (suelo)	0,741	0,259	1	0,741
Total	1,483	0,517	2	0,741

Análisis de consenso (Procrustes)

El análisis de consenso entre los dos grupos de variables cualitativas a nivel de planta, flor y baya, y las características del tubérculo mostraron una concordancia del 74,1% con respecto al grupo de caracteres evaluados a nivel de tubérculo, esto indica una elevada asociación entre ambos grupos de caracteres, esto indica una alta asociación interna de los dos diferentes grupos de descriptores.

En cuanto al hábito de crecimiento de planta (HPL) sobresale el carácter decumbente. Ugarte (2005) reporta similares resultados y, por su parte, Ticlla (2003) reporta al carácter erecto con mayor frecuencia y su ocurrencia se debe causa de condiciones ambientales.

En lo referente a la hoja, Ochoa (2001) menciona la mayor presencia del carácter fuertemente disectadas de manera similar en los resultados obtenidos en el presente estudio; el tallo mostró gran variabilidad de colores, similar a los resultados obtenidos por Ugarte (2005) y Ticlla (2003).

Las características a nivel de tubérculo presentan gran variabilidad de formas, colores, profundidad de ojos y variados colores en la carne del tubérculo que son de gran importancia en la nutrición, ya que la pigmentación es un indicador de principios nutritivos. Así, papas de pulpa amarilla se relacionan con niveles significativos de luteína y zeaxantina, carotenoides. En tanto,

las papas de pulpa morada o rojiza contienen cantidades significativas de antocianinas (Burgos, 2014), según los resultados se tiene las proporciones de 43% de pulpa amarilla y 1% de pulpa morada.

Conclusiones

La caracterización morfológica de 151 accesiones de *S. stenotomun* Juz. & Bukasov mostró una elevada diversidad morfológica en los diferentes caracteres y constituye un avance importante en la documentación de la diversidad genética de la colección de papa del INIAF Bolivia.

La caracterización morfológica analizada mediante el método de agrupamiento jerárquico generó siete grupos, cuatro presentaron los aglomeramientos de mayor tamaño afines por sus características morfológicas y con una cantidad de accesiones relativamente proporcional entre sí, el resto de agrupamientos concentra un número menor de accesiones con características diferenciables más divergentes a nivel de tubérculo.

El análisis de consenso (Procrustes) permitió determinar una elevada asociación entre las matrices de datos morfológicos a nivel de parte aérea y tubérculo, debe ampliarse el empleo de este método en el cruce de datos de caracterizaciones morfológicas y moleculares en estudios posteriores.

Referencias citadas

- CIP, 2006. Centro Internacional de Papa. Descriptores de papa para la caracterización básica de colecciones nacionales de papas nativas.
- Burgos, G. 2014 “Bioaccesibilidad de carotenoides y antocianinas en papas cocidas”. En: XXVI Congreso de la Asociación Latinoamericana de la Papa ALAP. Centro Internacional de la Papa, Lima-Perú. 102 p.
- Iriarte, V.; B. Condori; D. Parapo; D. Acuña. 2009. Catálogo etnobotánica de papas nativas del altiplano norte de La Paz-Bolivia. Cochabamba, Bolivia. 142 pp.
- Iquize, E. y Rocabado, C. 2014. “Catálogo de accesiones de papa *Solanum tuberosum* subsp. *andigenum* (Juz. & Bukasov) Hawkes del Banco de Germoplasma de Tubérculos y Raíces de Bolivia. INIAF, VDRA Y MDRyT. Cochabamba Bolivia 1-14 pp. Disponible en: www.iniaf.gob.bo
- Ochoa, 2001. Las papas sudamericanas: Bolivia *Solanum stenotomun*. Primera edición La Paz - Bolivia pg. 354.
- Ugarte, M., Iriarte, V. 2005 Papas bolivianas. Catálogo de cien variedades nativas. Fundación PROINPA. 2a. Edición- marzo 2005.
- Van Hintum, Th. J. L., A.H.D. Brown; C. Spillane; T. Hodgkin. 2003 Colecciones núcleo de recursos fitogenéticos. Boletín Técnico N° 3 del IPGRI. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos, Roma, Italia.

Caracterización agromorfológica de 10 accesiones y variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en condiciones del Valle Alto de Cochabamba

Carolina Alanoca^{1*}, Ever Machaca¹

¹Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal, Av. Blanco Galindo Km 5,5, Casilla 832, Cochabamba, Bolivia

*e-mail: carol_aqc@hotmail.com

Resumen

Con el fin de proporcionar información sobre la variación genética y la adaptación de genotipos de quinua en el Valle Alto de Cochabamba, se estudiaron 10 accesiones y variedades de diferentes regiones del país mediante la evaluación de 13 características morfológicas y agronómicas. El ensayo se desarrolló en la Estación Experimental de Toralapa del Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF), ubicada en la comunidad de "Cebada Jichana" (Tiraque). El análisis estadístico de componentes principales para nueve de las variables evaluadas mostró que los dos primeros componentes explican el 74% de la variación total. El dendrograma calculado a partir de los coeficientes de similitud de Gower mostró dos grupos que distinguen claramente los materiales más precoces y los que tienen mayor rendimiento de grano. Agronómicamente se destacaron las accesiones 501 y 392, pertenecientes al Banco de Germoplasma de Granos Alto Andinos del INIAF.

Palabras clave: Granos andinos, genotipos, valle alto, rendimiento, variedades de quinua.

Abstract

With the purpose of providing information about genetic variation and adaptation of quinoa genotypes in the Valle Alto of Cochabamba, 10 entries and cultivars from different regions of the country were studied by evaluating 13 morphological and agronomic characteristics. The test was developed at the Experimental Station of Toralapa of the National Institute Agricultural and Forestry Innovation (INIAF) located in the community of "Cebada Jichana" (Tiraque). Statistical analysis by principal components of nine evaluated variables showed that the first two components explain 74% of the total variation. The dendrogram calculated from Gower's similarity coefficients showed two groups that clearly distinguish the earliest materials and the ones with higher grain yield. Agronomically the entries 501 and 392 belonging to the Bank of High Andean Grain Germplasm of INIAF stood out.

Keywords: Andean grains, genotypes, high valley, yield, quinoa cultivars.

Introducción

En Bolivia se conservan más de 3.100 accesiones de quinua en el Banco de Germoplasma de Granos Alto Andinos, ubicado en la Estación Experimental de Toralapa, del Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (Iquize, 2013).

La producción de quinua es afectada por diversos factores abióticos (heladas, sequías, granizadas) y bióticos (plagas y enfermedades). El germoplasma de especies silvestres y de variedades primitivas de quinua es una fuente potencial de resistencia a dichos factores (Jacobsen y Mujica, 1999).

La conservación del Banco de Germoplasma de Granos Alto Andinos, a pesar de ser una actividad esencial, no se justifica sin su utilización, por eso es necesario avanzar con la evaluación de las accesiones.

En quinua, entre las características agrícolas a estudiar están las relacionadas a la adaptación de genotipos a nuevas zonas de cultivo (Ulloa, 2006).

En Cochabamba, la producción del cultivo de quinua se distribuye principalmente en las zonas de las provincias de Quillacollo, Punata y Tiraque, con un rendimiento de 500 a 700 kg/ha (IBTA, 1987).

El presente trabajo consistió en la evaluación agronómica y la caracterización morfológica de 10 ac-

cesiones y variedades de quinua provenientes de diferentes regiones del país, con el fin de proveer información acerca de la variabilidad genética y la adaptación en el Valle Alto de Cochabamba de genotipos promisorios de quinua.

Materiales y métodos

Área de estudio

La investigación se realizó en predios de la Estación Experimental de Toralapa en la campaña agrícola 2013-2014, ubicada en Cebada Jichana, municipio de Tiraque del departamento de Cochabamba, geográficamente situada a 17° 28' 35.01" latitud S, 65° 39' 9.88" longitud O, altitud 3.526 msnm, a una distancia de 73 km de la ciudad de Cochabamba. La temperatura promedio es de 12,5 °C y con una precipitación pluvial de 519,8 mm/año (Senamhi, 2012).

Material vegetal, diseño experimental y colección de datos

Para este estudio agromorfológico se utilizaron 10 accesiones y variedades de quinua pertenecientes a la colección del Banco de Germoplasma de Granos Alto Andinos del INIAF. Estos materiales fueron seleccionados por poseer antecedentes de buen comportamiento agronómico en condiciones de valle y en otras regiones del país (cuadro 1).

Cuadro 1. Datos de pasaporte de las accesiones y variedades caracterizadas.

Código Accesión	Género	Especie	Nombre	Procedencia
1543	<i>Chenopodium</i>	<i>quinoa</i>	1543	Chuquisaca - Yamparáez
1998	<i>Chenopodium</i>	<i>quinoa</i>	Vaca Laira	Potosí - Quijarro
392	<i>Chenopodium</i>	<i>quinoa</i>	0392	Cochabamba - Tiraque
501	<i>Chenopodium</i>	<i>quinoa</i>	0501	La Paz - Los Andes
624	<i>Chenopodium</i>	<i>quinoa</i>	0624	Puno Platerías
-	<i>Chenopodium</i>	<i>quinoa</i>	Aynoca	La Paz
-	<i>Chenopodium</i>	<i>quinoa</i>	Blanquita	La Paz
-	<i>Chenopodium</i>	<i>quinoa</i>	Horizonte	La Paz
-	<i>Chenopodium</i>	<i>quinoa</i>	Kellu	Oruro - Salinas de Garci Mendoza
-	<i>Chenopodium</i>	<i>quinoa</i>	Negra	Oruro - Salinas de Garci Mendoza

La siembra de accesiones y variedades de quinua se realizó bajo el siguiente diseño: Bloques Completos al Azar (BCA) con 4 repeticiones de cada tratamiento o accesión/variedad, donde la unidad experimental fue de 6 m por 4 m, con 8 surcos. En superficie total de 1.400 m². La cantidad de semilla por unidad experimental fue de 22 g, el total de semilla de quinua empleada fue de 1,12 kg.

La cosecha se realizó conforme las plantas alcanzaban la madurez fisiológica, el segado se

hizo en forma manual, por separado en dos grupos: Cinco plantas identificadas para la caracterización morfológica y el resto de las plantas para el registro del rendimiento.

La caracterización agromorfológica se realizó con base en los descriptores (cuadro 2) propuestos por Bioversity International (2013). Estos descriptores son considerados los más relevantes a la hora de describir y discriminar germoplasma de quinua.

Cuadro 2. Descriptores empleados durante el estudio.

Variables cuantitativas	Variables cualitativas
v01 Altura de planta (cm)	v10 Hábito de crecimiento
v02 Altura de panoja (cm)	v11 Presencia de axilas pigmentadas
v03 Diámetro de panoja (mm)	v12 Forma de panoja
v04 Diámetro de tallo (mm)	v13 Color de panoja
v05 Número de ramas	
v06 Días a la cosecha	
v07 Peso de grano por planta (g)	
v08 Índice de grano por planta	
v09 Rendimiento (kg/ha)	

Análisis de datos

Se realizó un análisis descriptivo de las variables cuantitativas, determinando el promedio, la desviación estándar, el coeficiente de variación y los valores máximos y mínimos. Para estudiar la asociación de variables se realizó un análisis de correlación simple entre ellas. En cuanto al análisis de variables cualitativas se determinó la moda y su frecuencia relativa.

Las variables cuantitativas se estudiaron mediante análisis de componentes principales. Previo al análisis de agrupamiento se realizó el análisis de Procrustes generalizado, el cual determinó que existe consenso entre variables cuantitativas y cualitativas, por lo cual se utilizó el análisis de conglomerados para variables mixtas mediante los coeficientes de similitud Gower y el método de agrupamiento WARD.

Para la descripción de los grupos formados se realizó un análisis de varianza multivariado en base a las variables cuantitativas de mayor discriminación. En cuanto a las variables cualitativas se usó el análisis de correspondencia múltiple para la descripción simultánea de los grupos.

Resultados

Los valores descriptivos de los parámetros cuantitativos medidos están compilados en el cuadro 3. Los datos obtenidos revelaron que los Coeficientes de Variación (CV) oscilan alrededor de 4% (**días a la cosecha**) a 54% (**rendimiento**). El rendimiento más alto lo presentó la accesión 501 con un promedio de 1.586,5 kg/ha y el más bajo la variedad Horizonte con 53,4 kg/ha. En cuanto al peso de grano por planta el valor máximo se observó en la accesión 1.998 con 22,1 g y el

mínimo en la accesión 624 con 7,6 g. Para la variable diámetro de panoja la accesión 1.543 obtuvo el mayor diámetro con 74,8 mm y la accesión 1.998 obtuvo el menor con 29,7 mm.

Cuadro 3. Estadísticas descriptivas de variables cuantitativas medidas en 10 accesiones y variedades de quinua.

Variable	Media	D.E.	CV (%)	Mínimo	Máximo
v01 Altura de planta (cm)	77,4	14,6	19	63,0	109,2
v02 Altura de panoja (cm)	28,9	3,5	12	24,2	35,2
v03 Diámetro de panoja (mm)	43,2	14,3	33	29,7	74,8
v04 Diámetro de tallo (mm)	9,4	1,5	16	7,4	11,8
v05 Número de ramas	16,0	2,7	17	12,5	21,8
v06 Días a la cosecha	191,2	8,5	4	180,4	202,0
v07 Peso de grano por planta (g)	14,2	4,1	29	7,6	22,1
v08 Índice de grano por planta	48,4	6,8	14	36,7	59,3
v09 Rendimiento (kg/ha)	794,8	425,7	54	53,4	1.586,5

Las frecuencias relativas de la moda para las variables cualitativas evaluadas se presentan en el cuadro 4. Las accesiones y variedades de quinua estudiadas mostraron amplia variabilidad principalmente para el color de panoja, siendo el color blanco el de mayor frecuencia (5 de 10 accesiones y variedades). La variable hábito de crecimiento fue casi constante para todas las accesiones y variedades (ramificado 1/3), excepto en la accesión 501 que presentó un hábito de crecimiento simple.

Cuadro 4. Frecuencias relativas (%) de la moda de variables cualitativas evaluadas en 10 accesiones y variedades de quinua

Accesión/ Variedades	Color de panoja		Forma de panoja		Hábito de crecimiento		Presencia de axilas pigmentadas	
1.543	Rojo	100	Glomerulada	75	Ramificación 1/3	75	No determinada	100
392	Blanco	100	Glomerulada	100	Ramificación 1/3	100	Presentes	100
624	Rosado	67	Glomerulada	100	Ramificación 1/3	100	Ausentes	67
Blanquita	Blanco	100	Glomerulada	100	Ramificación 1/3	100	Ausentes	100
Kellu	Anaranjado	100	Intermedia	75	Ramificación 1/3	100	Ausentes	100
Aynoca	Blanco	100	Glomerulada	100	Ramificación 1/3	100	Ausentes	100
Negra	Otros	100	Intermedia	100	Ramificación 1/3	100	Ausentes	100
501	Blanco	100	Glomerulada	100	Simple	75	Presentes	100
1.998	Púrpura	67	Glomerulada	100	Ramificación 1/3	100	Ausentes	100
Horizonte	Blanco	51	Glomerulada	100	Ramificación 1/3	100	Ausentes	100

El cuadro 5 muestra una matriz de correlaciones de Pearson entre las variables cuantitativas estudiadas. En la parte inferior del cuadro se presentan los coeficientes de correlación y en la parte superior las respectivas probabilidades.

Cuadro 5. Correlación de variables cuantitativas evaluadas en 10 accesiones y variedades de quinua.

	ALTPL	ALTPA	DIAPA	DIATA	NUMRA	D I A - CO	PESGP	INDGP	REND
ALTPL	1,00	1,70E-06	1,10E-08	1,50E-03	1,40E-08	0,01	0,27	0,01	0,31
ALTPA	0,71**	1,00	3,40E-05	0,04	0,02	0,01	0,56	0,34	0,56
DIAPA	0,80**	0,64**	1,00	3,70E-07	1,20E-04	0,09	0,47	0,15	0,57
DIATA	0,52**	0,35*	0,74**	1,00	0,01	0,60	0,50	0,14	0,32
NUMRA	0,79**	0,38*	0,60**	0,45*	1,00	0,03	0,12	0,05	0,39
DIACO	0,43*	0,41*	0,29	0,09	0,37*	1,00	0,54	0,02	0,48
PESGP	-0,19	-0,10	-0,13	0,12	-0,27	0,11	1,00	0,31	0,36
INDGP	-0,42*	-0,17	-0,25	-0,26	-0,34	-0,39*	0,18	1,00	0,95
REND	0,18	0,10	-0,10	-0,17	0,15	0,12	-0,16	0,01	1,00

ALTPL= Altura de planta; ALTPA= Altura de panoja; DIAPA=Diámetro de panoja; DIATA=Diámetro de tallo; NUMRA=Número de ramas; DIACO=Días a la cosecha; PESGP=Peso de grano por planta; INDGP=Índice de grano por planta; REND=Rendimiento.

Entre las relaciones altamente significativas tenemos a la variable altura de planta con las variables altura de panoja, diámetro de panoja, diámetro de tallo y número de ramas; esto indica que en las accesiones evaluadas, las plantas de menor altura poseen panojas pequeñas y de menor diámetro, menor diámetro de tallo y menor número de ramas. Otra relación de importancia

se encuentra en la variable diámetro de panoja con las variables altura de panoja, diámetro de tallo y número de ramas, expresando con estas una asociación positiva; de esto se puede afirmar que en las accesiones y variedades evaluadas las plantas de mayor diámetro de panoja poseen panojas de mayor altura, tallos de mayor diámetro y un mayor número de ramas.

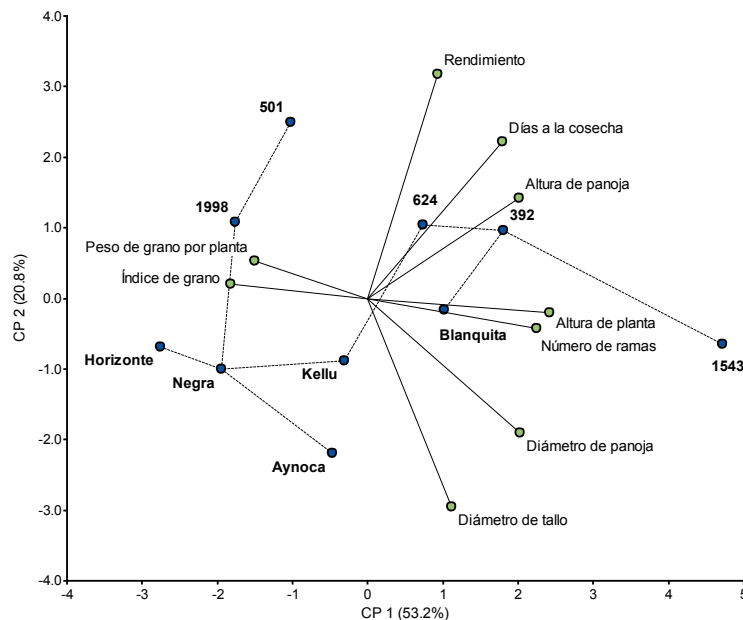


Figura 1. Distribución de 10 genotipos de quinua y de nueve variables sobre los dos primeros componentes principales.

El análisis de componentes principales agrupó a las nueve variables cuantitativas en varios componentes, con los primeros dos componentes explicando el 74% de la variación total (figura 1). El componente principal 1 (CP 1) se asocia positivamente con altura de planta, altura de panoja, diámetro de panoja, número de ramas y días a la cosecha; se asocia negativamente con peso de grano por planta e índice de grano. El CP 1 distingue a las accesiones 1.543 y 392 de las variedades Horizonte, Negra y la accesión 1.998, al estar estas últimas en la parte izquierda del Biplot (figura 1), lo que indica que estas accesiones y variedades poseen plantas de menor altura, de panojas pequeñas y ligeramente más precoces que las que se encuentran al lado derecho del Biplot. El componente principal 2 (CP 2) se asocia positivamente con rendimiento y negativamente con diámetro de Tallo. El CP 2 distingue a la accesión 501 de alto rendimiento de la va-

riedad Aynoca de menor rendimiento pero con el mayor diámetro de tallo. Las variedades Kellu, Blanquita y la accesión 624 pueden considerarse con valores promedios para la mayoría de las variables, al encontrarse cerca del origen de ambas componentes. De todas las variables, altura de planta, número de ramas y rendimiento fueron los parámetros más discriminativos para diferenciar accesiones y variedades.

Un dendrograma (figura 2) fue construido con base en los coeficientes de similitud Gower y al algoritmo Ward utilizando las 13 variables estudiadas (9 cuantitativas y 4 cualitativas) con un coeficiente cofenético de 0,67 que indica una apropiada representación de la matriz de similitud entre accesiones y variedades. Realizando un corte en el dendrograma a un valor de similitud de 0,8 se conformaron 2 grupos de accesiones y variedades.

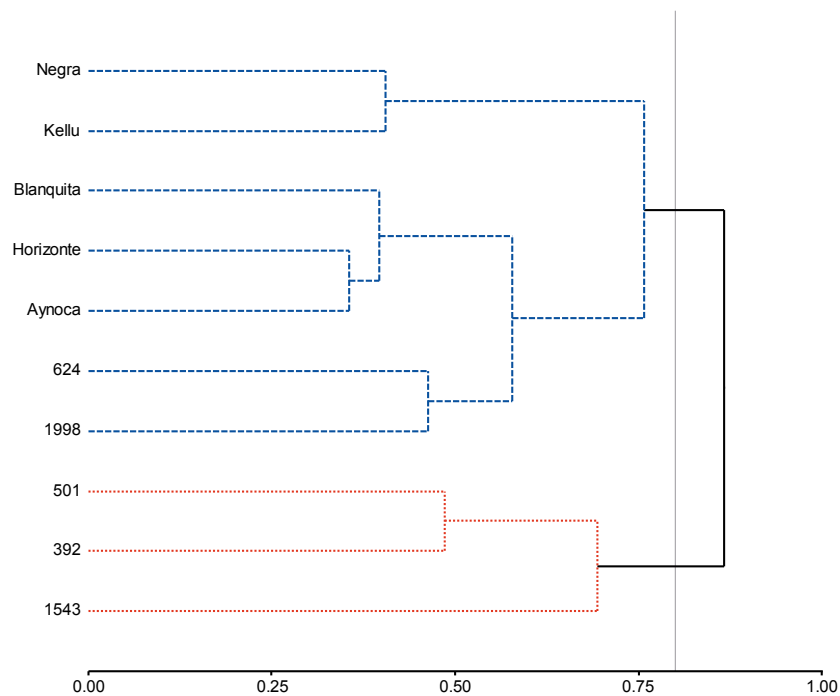


Figura 2. Dendrograma mostrando la relación entre 10 accesiones y variedades de quinua usando la metodología WARD.

Los dos grupos obtenidos presentaron características diferentes (cuadro 6). El Grupo 1 está formado por las accesiones 1.543, 392 y 501, en este grupo se encuentran las accesiones de mayor

rendimiento en el estudio, con un promedio de 1.166,3 kg/ha y están caracterizadas por poseer plantas con panojas grandes con un promedio de 33,1 cm de altura y de 52,2 mm de diámetro.

Cuadro 6. Prueba de medias multivariado de Hotelling para dos grupos de accesiones de quinua

Grupo	REND	DIACO	ALTPA	DIATA	DIAPA	PESGP	n	
1	1.166,3	198,7	33,1	9,1	52,2	13,0	3	A
2	635,6	188,0	27,1	9,5	39,4	14,6	7	B

REND=Rendimiento; DIACO=Días a la cosecha; ALTPA= Altura de panoja; DIATA=Diámetro de tallo; DIAPA=Diámetro de panoja; PESGP=Peso de grano por planta. Medias con una letra en común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$).

El Grupo 2 aglomera a las variedades Negra, Kellu, Blanquita, Horizonte y Aynoca, y a las accesiones 624 y 1.998. Las variedades y accesiones de este grupo se caracterizan por haber presentado rendimientos menores a los del Grupo 1 con un promedio de 635,6 kg/ha, las plantas de este grupo poseen panojas más pequeñas que las del Grupo 1, principalmente en el diámetro de tallo con un promedio de 39,4 mm. Para la variable altura de panoja la diferencia es menos acentuada con un promedio de 27,1 cm. Las variedades y accesiones del Grupo 2 presentan un mayor

peso de grano por planta con un promedio de 14,6 g. En cuanto al diámetro de tallo este resultó ser ligeramente superior a los del Grupo 1, con un promedio de 9,5 mm. Cabe destacar de este grupo que también presenta un menor promedio para días a la cosecha con 188 días.

En la figura 3 se presenta el Biplot resultante del Análisis de Correspondencia Múltiple (ACM), donde los dos primeros factores explican el 51,9% de la deviance sobre las variables cualitativas estudiadas. El ACM caracteriza los

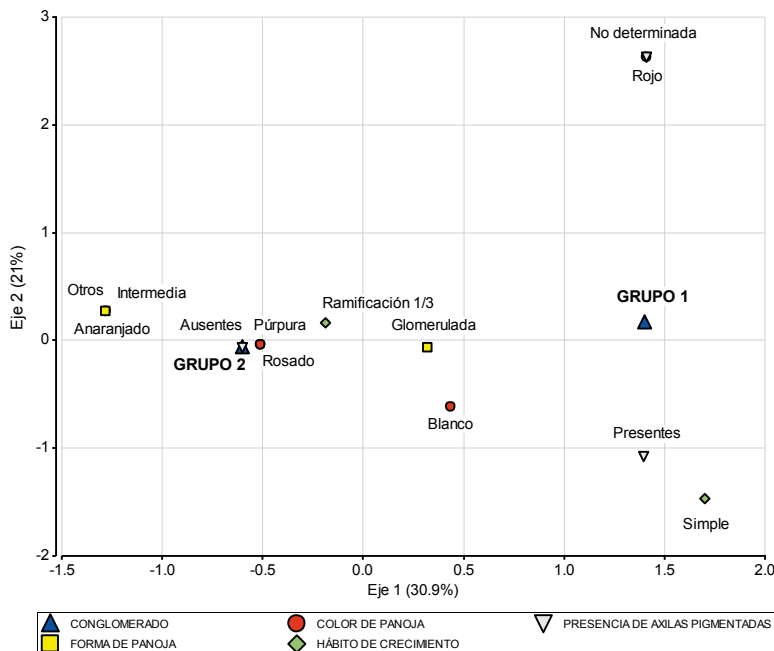


Figura 3. Distribución de dos grupos de accesiones y variedades de quinua y de cuatro variables cualitativas sobre los dos primeros factores.

2 grupos formados con base en las categorías de las variables, como se observa en la figura 3, en ambos grupos dominan el hábito de crecimiento de Ramificación 1/3, la forma de panoja glomerulada y el color de panoja blanco. La variable cualitativa que distingue a ambos grupos es la presencia de axilas pigmentadas, mientras que en el Grupo 1 las accesiones se definen como presentes o no determinadas, en el Grupo 2 en todas las variedades y accesiones se registran como ausentes. Cabe destacar que en el Grupo 1 la accesión 501 es la única que presenta el hábito de crecimiento simple.

Discusión

La variable rendimiento no presentó correlación significativa con ninguna de las variables estudiadas. Gabriel *et al.* (2013) reporta una correlación significativa del rendimiento con las variables altura de planta, diámetro de panoja y diámetro de tallo, en una evaluación de 36 variedades de quinua. Esto puede deberse a que en el ensayo se expuso a los genotipos a las condiciones agroambientales de la zona, donde la presencia de heladas durante el periodo de floración produjo serias pérdidas, mayormente en los genotipos más precoces (Grupo 2).

A pesar de los problemas señalados, el Grupo 1 obtuvo un rendimiento promedio superior al promedio nacional de 600 kg/ha (MDRyT, 2012) y la accesión 501 tuvo un rendimiento superior a los 1.500 kg/ha, el cual se considera óptimo en condiciones de secano en los valles interandinos (Mujica *et al.*, 2004).

Las accesiones 501 y 392 del Grupo 1 poseen el color de panoja blanco y en sus datos de pasaporte se indica que el color de grano de estas accesiones también es blanco (Iquize, 2013), lo cual es una característica de preferencia de los agricultores por su valor en el mercado (Camacho, 2015).

Las accesiones del Grupo 1 entran en la categoría de promisorias para la obtención de nuevas variedades adaptadas al Valle Alto, pero se deberá continuar con un programa de mejoramiento genético que busque estabilizar los caracteres de interés en estos genotipos.

Conclusiones

Las accesiones y variedades caracterizadas mostraron amplia variabilidad genética en cuanto al color y al diámetro de panoja.

Con los resultados del presente trabajo se encontraron diferencias importantes en cuanto a rendimiento de grano y duración del ciclo del cultivo entre las accesiones y variedades introducidas al Valle Alto de Cochabamba.

Es posible que en zonas similares a la estudiada en este ensayo se puedan adaptar algunos de los genotipos más sobresalientes de la prueba, como por ejemplo las accesiones 501 y 392 pertenecientes al Banco de Germoplasma de Granos Alto Andinos del INIAF. Sin embargo, es necesario realizar estudios más detallados sobre época de siembra y resistencia a condiciones climáticas adversas como heladas y sequías.

Referencias citadas

- Bioversity International, FAO, PROINPA, INIAF y FIDA. 2013. Descriptores para quinua. (*Chenopodium quinoa* Willd.) y sus parientes silvestres. Bioversity International, Roma, Italia; Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma, Italia; Fundación PROINPA, La Paz, Bolivia; Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal, La Paz, Bolivia; Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola, Roma, Italia.
- Camacho, Z. 2015. “Identifican tres variedades de quinua para el valle”. En: periódico Opinión. Cochabamba, Bolivia. Mayo. Economía.
- Gabriel, J., Luna, N., Vargas A., Magne, J., Angulo, A., La Torre, J. y Bonifacio A. 2013. Quinua de valle (*Chenopodium quinoa* Willd.): Fuente valiosa de resistencia genética al Mildiu (*Peronospora farinosa* Willd.). En: Congreso Científico de la Quinua (Memorias). La Paz, Bolivia. 682 p.
- IBTA (Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria). 1987. Curso de Cultivos. Programa Andes Altos – IICA. IBTA / DNS. Catálogo de variedades mejoradas de quinua y uso de Semilla certificada. IBTA, Regional LP / DNS, oficina y laboratorio de semilla, La Paz, Bolivia. 20 p.
- Iquize, E. y Alanoca, C. 2013. Catálogo de 274 accesiones del Banco de Germoplasma de Quinua de Bolivia. Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal. La Paz, Bolivia. 330 p.
- Jacobsen, SE. y Mujica, A. 1999. Resistencia de la quinua a la sequía y otros factores abióticos adversos, y su mejoramiento. En: I Curso Internacional sobre: Fisiología de la resistencia a sequía en quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). CIP. Lima – Perú. pp. 71 – 78.
- MDRyT. 2012. Compendio agropecuario. Observatorio Agroambiental y Productivo. Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras. Bolivia. 528 p.
- Mujica, A., Cahahua, A. y Saravia, R. 2004. Agronomía de la quinua. En: A. Mujica, S. Jacobsen, J. Izquierdo y JP. Marathee. Quinua: Ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro. FAO. UNA. CIP. Santiago, Chile. pp 26-59.
- SENAMHI (2012) <http://www.senamhi.gob.bo/> (Revisado: Diciembre 12, 2012).
- Ulloa, C. 2006. Aromas y sabores andinos. Pp. 313-328. En: Moraes R., M., B. Øllgaard, L. P. Kvist, F. Borchsenius & H. Balslev (eds.) Botánica Económica de los Andes Centrales. Universidad Mayor de San Andrés, Plural Editores, La Paz.

Caracterización de la ganancia de peso corporal y zoométrica de llamas *q'ara* desde el nacimiento hasta la madurez en la comunidad de Challacollo, Potosí-Bolivia

José Luis Quispe Huanca^{1*}

¹Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal - INIAF

Calle Santa Cruz N° 345, Oruro, Bolivia

*e-mail: josluisqh@hotmail.com

Resumen

Con el propósito de determinar las variaciones del peso corporal y zoométricas desde el nacimiento hasta los 40 meses de vida de llamas *q'ara* de ambos sexos para establecer la relación peso corporal - edad que permita la selección temprana dentro de un programa de mejora genética para la producción de carne, se llevó a cabo el presente estudio en la comunidad de Challacollo - Potosí. En 16 llamas del tipo *q'ara* de ambos sexos, nacidas en febrero del año 2012, se realizó las medidas zoométricas y control de peso corporal desde su nacimiento y luego a los 5, 14, 25 y 40 meses de vida de los animales. Los resultados fueron: hasta los 14 meses de edad, las llamas hembras registraron una superioridad en peso corporal con relación a los machos, debido a que las hembras desarrollan físicamente más rápido que los machos en la adolescencia a causa de factores hormonales. A los 25 meses de edad, las hembras presentaron un reducción en el peso corporal y en machos se mantuvo casi constante, por razones de poca disponibilidad de pastos nativos (principal alimento de los camélidos) a causa de una baja precipitación pluvial durante el año de evaluación. En adultos, los machos presentaron un mayor peso corporal con relación a las hembras, sin embargo, esta superioridad no fue significativa ($p > 0,05$). La máxima ganancia de peso diario se registró hasta los 5 meses de edad. A través de la correlación simple de Pearson se obtuvo una alta correlación entre peso corporal y las variables de perímetro torácico y ancho de anca.

Palabras clave: Peso corporal, ganancia de peso, medidas zoométricas.

Abstract

In order to determine changes in body weight and zoometric from birth up to 40 months of life in llamas Q'ara of both sexes to establish the relationship body weight - age allowing early selection within a program of genetic improvement for the production of meat, was conducted this study in the community of Challacollo - Potosi. 16 llamas of the type Q'ara of both sexes, born in February of the year 2012, was carried out measures zoometric and control of body weight since its inception and then at 5, 14, 25 and 40 months of life of the animals. The results were: up to 14 months of age, females llamas recorded a superiority in body weight compared to males, since females develop physically faster than males in adulthood due to hormonal factors. 25 months of age, females showed a reduction in body weight and in males remained almost constant, because of the limited availability of native grasses (staple food of camelids) because of a low rainfall during the year of assessment. In adults, males showed a greater body weight compared to females, however this superiority was not significant ($p > 0.05$). Maximum daily weight gain was recorded up to 5 months of age. The simple correlation of Pearson, a high correlation between body weight and width and thoracic perimeter of hip width (anca) variables were obtained.

Keywords: body weight, weight gain, measured zoometric.

Introducción

La llama constituye un recurso genético valioso y principal fuente de proteína animal de los habitantes de la región altoandina de Bolivia. Este camélido sudamericano doméstico habita en ecosistemas caracterizados por poseer recursos naturales restringidos, suelos frágiles, con limitaciones de agua y frecuencia periódica de heladas. No es la excepción la región del intersalar de Uyuni, donde 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, lo que ocasiona el aumento del porcentaje de saca de llamas y una disminución en la población de llamas.

Actualmente se desconoce el potencial genético que tienen las llamas de la región del intersalar de Uyuni por la carencia de información que permita establecer programas de mejoramiento genético. Debido a esto, se requiere disponer de indicadores de peso corporal y fenotípicos corporales que expresen la capacidad genética para producción de carne; de allí el interés del presente estudio en evaluar el desarrollo corporal, para ser usados como indicadores zoométricos en la selección temprana de llamas dentro de un programa de mejora genética para producción de carne, por tanto, el objetivo del presente trabajo fue:

- Determinar las variaciones del peso corporal y zoométricas para establecer la relación peso corporal-edad que permita la selección temprana dentro de un programa de mejora genética para la producción de carne.

Materiales y métodos

El estudio fue realizado en llamas *q'ara* pertenecientes a la Unidad Productiva de Conservación *in situ* de la familia Ayaviri, situada en la comunidad de Challacollo del municipio de Llica, provincia Daniel Campos del departamento de Potosí. Esta comunidad se encuentra ubicada entre las coordenadas 19°46'01" de latitud sur y 68°21'48" de longitud oeste, a una altitud de 3.704 msnm y caracterizada por un clima frío con temperaturas promedio que fluctúan entre 2 °C en invierno y 15 °C en verano, y precipitaciones pluviales inferiores a 200 mm/año (Senamhi, 2015).

Las llamas fueron criadas bajo un sistema de manejo extensivo, con pastoreo durante 10 horas en praderas nativas en zonas de ladera (*Adesmia melanthes*, *Adesmia spinosissima*, *Chuquiraga atacamensis*, *Parastrephia lepidophylla*, *Fabiana densa*, *Baccharis incarum*, *Junellia seriphioides*, *Festuca orthophylla*, *Stipa ichu*, *Azorella compacta*, *Trichocereus pasacana*, *Acantholeppia deserticola* y otros) y de pampa (*Lampaya castellani*, *Parastrephia lepidophylla*, *Adesmia spinosissima*, *Festuca orthophylla*, *Tetraglochin cristatum* y otros). Los animales fueron tratados cada año contra parásitos externos y vitaminizados, generalmente después de la época de lluvias (abril o mayo).

Para el estudio se emplearon 16 llamas del tipo *q'ara* de ambos sexos, nacidas en febrero del año 2012. En estos animales se realizó las medidas zoométricas (perímetro torácico, altura a la cruz, altura a la grupa, longitud de cuerpo, ancho de anca y longitud de cuello) (figura 1) y control de peso corporal, desde su nacimiento y luego a los 5, 14, 25 y 40 meses de vida.

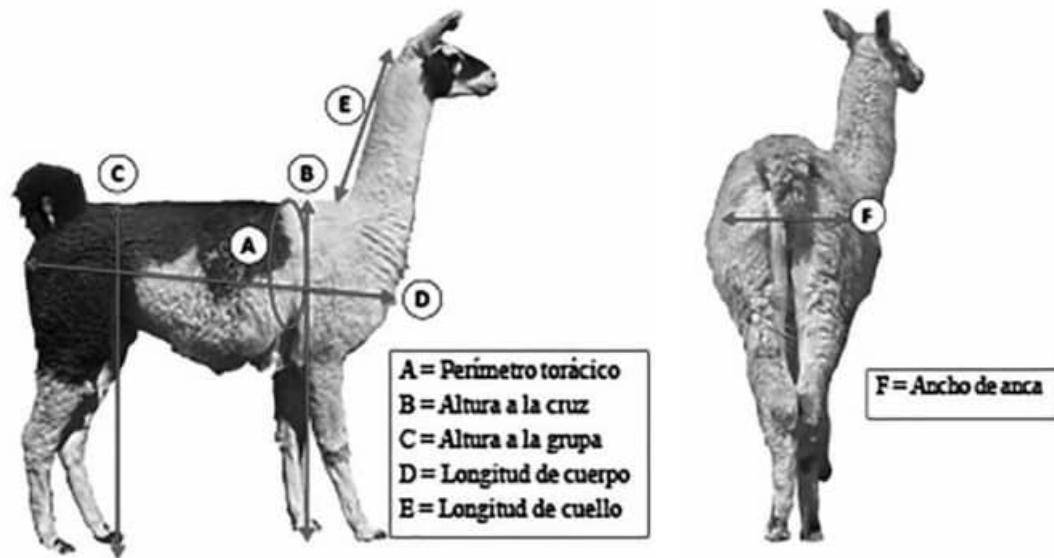


Figura 1. Medidas zoométricas en la llama.

El procedimiento de datos fue realizado mediante el método de mínimos cuadrados, utilizando un modelo lineal factorial, haciendo uso del procedimiento GLM del programa estadístico SAS (Statistical Analysis System for Windows, versión 8, 2000). El grado de asociación entre peso corporal y medidas zoométricas fue analizado mediante la correlación simple de Pearson, empleando el programa SAS. Asimismo, se utilizó una regresión lineal para la inferencia del peso corporal mediante las variables zoométricas.

Resultados y discusión

Peso corporal

El peso corporal fue influenciado significativamente ($p < 0,01$) por la edad, en tanto que el factor sexo y la interacción sexo por edad no tuvieron efecto alguno ($p > 0,05$). De acuerdo a la información referida en el cuadro 1, las llamas a la edad adulta (40 meses) tuvieron un peso corporal promedio de $115,81 \pm 10,36$ kg, este valor es significativamente superior al peso corporal registrado a los 14 y 25 meses de edad ($94,84 \pm 6,87$ y $90,75 \pm 10,43$, respectivamente), este resultado es consistente con otros trabajos de

investigación. En efecto, Quispe (2014), en un estudio en llamas *t'amphulli* en las regiones de Quetena Grande - Potosí y Calientes - Cochabamba, también encontró que el peso corporal de animales adultos ($82,6 \pm 8,7$ kg) era superior a las llamas jóvenes ($54,8 \pm 8,9$ kg).

En la interacción sexo por edad, las crías machos al nacimiento obtuvieron un peso corporal de $11,38 \pm 0,75$ kg, valor ligeramente superior al de crías hembras ($10,58 \pm 0,73$ kg), esta diferencia no fue significativa ($p > 0,05$). A la edad de 5 meses las hembras tuvieron un peso corporal ($56,52 \pm 7,15$ kg) superior a los machos ($54,25 \pm 9,84$ kg). De la misma manera, a los 14 meses de edad las hembras lograron un resultado de $96,20 \pm 5,23$ kg, valor por encima al registrado por machos ($90,75 \pm 10,31$ kg), esta diferencia tampoco fue significativa estadísticamente. A la edad de 25 meses las llamas machos obtuvieron un peso corporal de $97,50 \pm 6,18$ kg, resultado superior al de hembras ($88,50 \pm 10,76$). En adultos de 40 meses de edad, las llamas machos ($119,50 \pm 9,98$ kg) presentaron un mayor peso corporal con relación a las hembras ($114,58 \pm 10,62$ kg), sin embargo, esta superioridad no fue significativa ($p > 0,05$) (cuadro 1).

Cuadro 1. Valores promedios y diferencias significativas de peso corporal y ganancia de peso diario, según efectos principales

Efectos principales	Peso corporal (kilogramo)	Ganancia de peso diaria (gramos/día)
	± SD	
Sexo		
Hembras	73,28 ± 37,62 a	128,21 a
Machos	74,67 ± 39,65 a	132,26 a
Edad		
Nacimiento	10,78 ± 0,79 a	
Crías de 5 meses	55,95 ± 7,61 b	330,27 a
Jóvenes de 14 meses	94,84 ± 6,87 c	143,22 b
Jóvenes de 25 meses	90,75 ± 10,43 c	-12,31 c
Adultos de 40 meses	115,81 ± 10,36 d	55,69 d
Sexo x edad		
Hembras x Nacimiento	10,58 ± 0,73 a	
Hembras x Crías de 5 meses	56,52 ± 7,15 b	331,25 a
Hembras x Jóvenes de 14 meses	96,20 ± 5,23 c	146,98 b
Hembras x Jóvenes de 25 meses	88,50 ± 10,76 d	-23,36 c
Hembras x Adultos de 40 meses	114,58 ± 10,62 e	57,96 d
Machos x Nacimiento	11,38 ± 0,75 a	
Machos x Crías de 5 meses	54,25 ± 9,84 b	327,36 a
Machos x Jóvenes de 14 meses	90,75 ± 10,31 cd	131,94 b
Machos x Jóvenes de 25 meses	97,50 ± 6,18 dc	20,83 d
Machos x Adultos de 40 meses	119,50 ± 9,98 e	48,89 d

x: Media; SD: Desviación estándar; abcde: Letras diferentes dentro de cada factor y variable de respuesta significan diferencias importantes ($p < 0,05$).

Como se observa en el cuadro 1 y figura 2, las llamas hembras registraron una superioridad en peso corporal con relación a los machos hasta los 14 meses de edad, debido a que las hembras desarrollan físicamente más rápido que los machos en la adolescencia a causa de factores hormonales, por esta razón las hembras alcanzan la madurez sexual al año de edad, pero son servidas recién a los dos años de edad; mientras los machos se utilizan para la reproducción a los tres años de edad.

A los 25 meses de edad las hembras presentaron una reducción en el peso corporal y en machos el peso se mantuvo casi constante, por razones de poca disponibilidad de pastos nativos (principal alimento de los camélidos) a causa de una baja precipitación pluvial durante el año de evaluación (174,8 mm/año, según Senamhi, 2015), respecto a los años anteriores (183,9 mm/año en el año 2013 y 250,7 mm/año en el año 2012). En adultos, los machos ($119,50 \pm 9,98$) presentaron un mayor peso corporal con relación a las hembras ($114,58 \pm 10,62$).

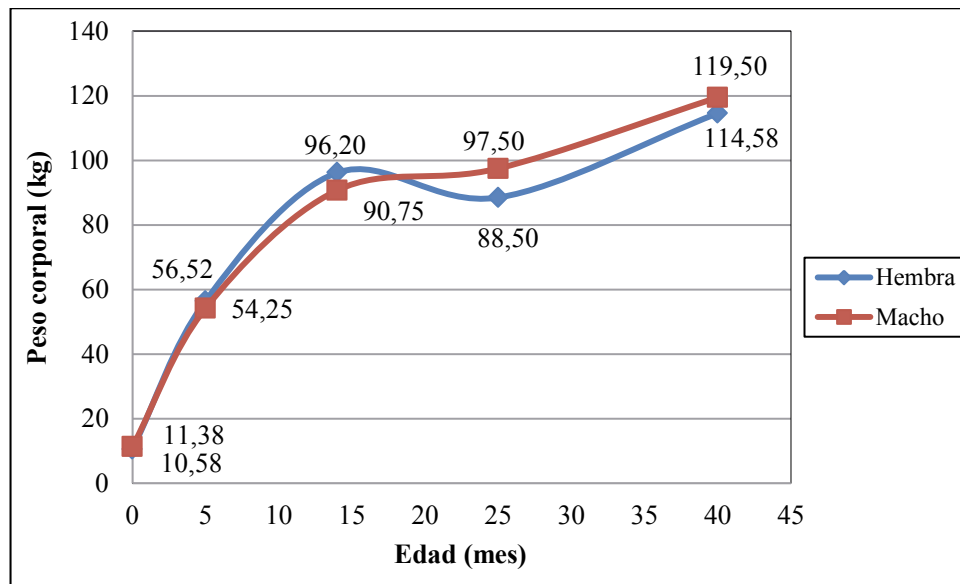


Figura 2. Promedios de peso corporal de la interacción sexo por edad.

Ganancia de peso diario

De acuerdo a la información referida en el cuadro 1, la ganancia de peso diario fue influenciada significativamente ($p < 0,01$) por la edad. Mientras que el factor sexo y la interacción sexo por edad no fueron influenciados estadísticamente ($p > 0,05$).

La ganancia de peso diario de crías de 5 meses de edad fue de 330,27 g/día, este valor es superior a la ganancia de peso diario a la edad de 14 meses (143,22 g/día) (cuadro 1 y figura 3). Sin duda la mayor ganancia de peso diario de crías se debe a la prolongada lactancia, ya que permanecen con sus madres hasta nueve meses de edad, lo que significa un aporte lácteo, aunque de bajo volumen, sin embargo presenta una adecuada composición en macronutrientes. En términos generales, hasta la edad de 14 meses se observa una mayor ganancia de peso diario debido al crecimiento corporal del animal.

A los 25 meses de edad de las llamas, los valores decrecen a -12,31 g/día, las razones ya fueron explicadas anteriormente en la interacción

sexo por edad de la variable peso corporal. Posteriormente, ya en la edad adulta (40 meses) se recuperan hasta lograr una ganancia de peso diario de 55,69 g/día, gracias a las mejores condiciones de alimentación. Comparados los valores encontrados en el presente estudio con los de García *et al.* (2002), estos autores reportan en un estudio en la Estación Experimental del IVITA-Maranganí – Perú una ganancia de peso diario de 146 g/día en llamas de un año y 183 g/día en animales de dos años.

En la interacción sexo por edad (cuadro 1), a los 5 meses de edad las hembras tuvieron una mayor ganancia de peso diario (331,25 g/día), respecto a machos (327,36 g/día), sin embargo, esta diferencia no fue significativa ($p > 0,05$). Asimismo, a los 14 meses de edad las hembras obtuvieron una ganancia de peso diario de 146,98 g/día, valor superior al de los machos (131,94 g/día). Esta superioridad de la ganancia de peso diario en favor de las hembras hasta los 14 meses de edad se debe probablemente a que ellas desarrollan físicamente más rápido que los machos en la adolescencia debido a factores hormonales.

En la edad de 25 meses, las hembras registraron pérdida de peso diario (-23,36 g/día), en tanto que los machos tuvieron una escasa ganancia de peso diario (20,83 g/día), debido a las restricciones respecto a la disponibilidad y calidad de las praderas nativas ocasionadas por una baja precipitación pluvial en el año de la evaluación, además es notorio que las hembras lo sufren

más que los machos por razones de preñez.

En la edad adulta (40 meses), las hembras lograron recuperar el peso perdido llegando a 57,96 g/día, valor superior respecto a los machos (48,89 g/día), sin embargo, esta diferencia no fue significativa estadísticamente.

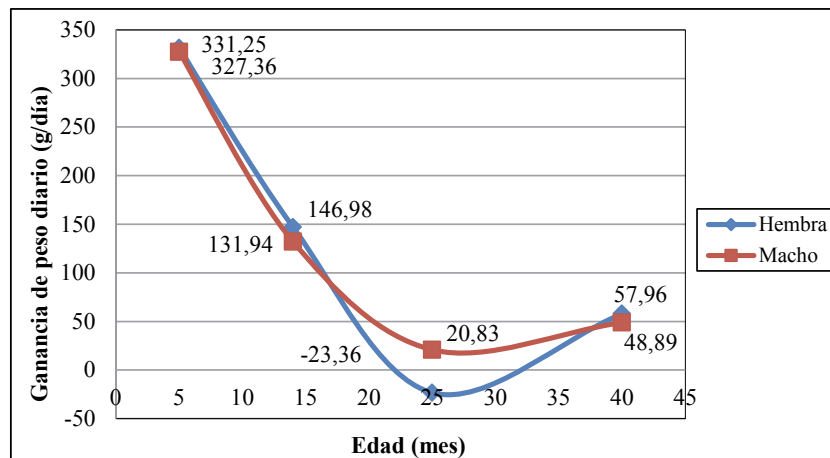


Figura 3. Ganancia de peso diario (g/día) según sexo y edad (meses) de llamas de la comunidad de Challacollo - Potosí.

Correlación simple de Pearson de peso corporal y medidas zoométricas

En el cuadro 2 se muestra los coeficientes

de correlación (Pearson) entre seis variables zoométricas y peso corporal, calculados para llamas desde 5 a 40 meses de edad, sin considerar el sexo.

Cuadro 2. Coeficientes de correlación de Pearson entre las variables analizadas para llamas desde 5 a 40 meses de edad, sin considerar el sexo

	Peso corporal	Perímetro torácico	Altura a la cruz	Altura a la grupa	Longitud de cuerpo	Ancho de anca	Longitud de cuello
Peso corporal	1,000	0,9279 <0,0001	0,8766 <0,0001	0,8766 <0,0001	0,8135 <0,0001	0,9189 <0,0001	0,8445 <0,0001
Perímetro torácico		1,000	0,8669 <0,0001	0,8667 <0,0001	0,7933 <0,0001	0,9162 <0,0001	0,8484 <0,0001
Altura a la cruz			1,000	0,9910 <0,0001	0,8611 <0,0001	0,9437 <0,0001	0,8283 <0,0001
Altura a la grupa				1,000	0,8488 <0,0001	0,9407 <0,0001	0,8096 <0,0001
Longitud de cuerpo					1,000	0,8850 <0,0001	0,7778 <0,0001
Ancho de anca						1,000	0,83411 <0,0001
Longitud de cuello							1,000

< 0,0001: altamente significativo

En general, las correlaciones obtenidas entre el peso corporal y las variables zoométricas y asimismo entre todas las variables zoométricas, fueron altas y significativas ($p < 0,01$) (cuadro 2), esto quiere decir que las distintas regiones corporales y peso corporal de las llamas están correlacionadas entre sí.

En el cuadro 2 se detalla una alta correlación entre peso corporal y las variables de perímetro torácico (0,9279) y ancho de anca (0,9189), es decir, tanto el perímetro torácico como el ancho del anca de las llamas tienen un mayor efecto en el peso corporal. Por otro lado, también se observa alta correlación entre el perímetro torácico y ancho de anca (0,9162).

En la tercera línea horizontal del cuadro 2, la variable altamente asociada con la altura a la

cruz fueron la altura a la grupa (0,9910) y ancho de anca (0,9437). También se puede destacar la alta correlación entre las variables altura a la grupa y ancho de anca (0,9407).

Los resultados del presente estudio concuerdan con los obtenidos por Espinoza (2010), quien menciona que la correlación entre el peso corporal y las variables zoométricas por un lado y la correlación entre todas las variables, tomadas en seis tams de llamas en la zona de Huajruma, pueden considerarse elevadas, con valores de coeficiente de correlación en general positivos y en muchos casos superiores a $r = 0,70$. Asimismo, Leyva *et al.* (2007) registraron un coeficiente de correlación de $r = 0,81$ en llamas comprendidas entre 3 a 5 años de edad para el peso corporal - perímetro torácico.

Análisis de regresión lineal de algunas medidas zoométricas y peso corporal

a) Relación: perímetro torácico-peso corporal

En la figura 4 se tiene la ecuación de regresión

lineal, que nos indica que por cada centímetro que se incrementa el perímetro torácico, se tendrá un aumento de 2,07 kg en el peso corporal, asimismo se observa que la variación en el peso corporal causado por el efecto del perímetro torácico es de 86,1%.

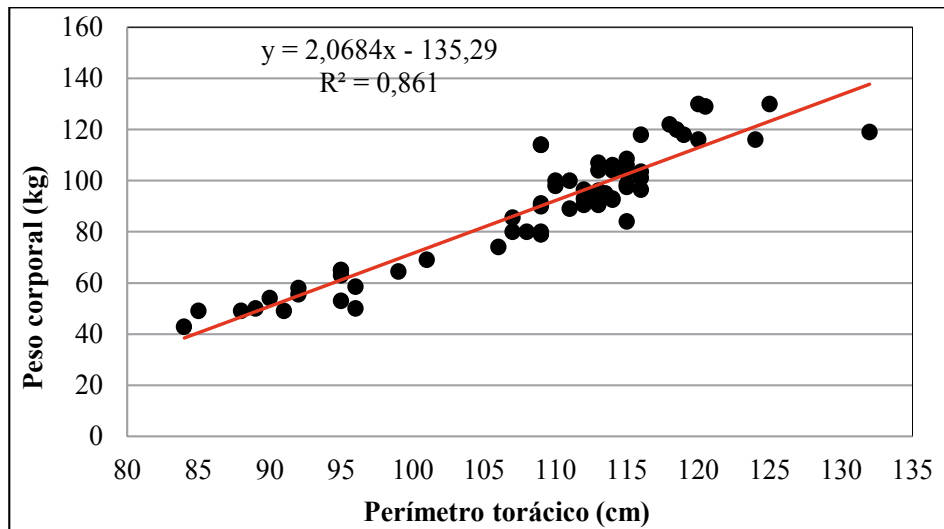


Figura 4. Relación perímetro torácico vs peso corporal

b) Relación: ancho de anca-peso corporal

De acuerdo a la figura 5 existe una variación total de 84,4 % en el peso corporal debido al

efecto de ancho de anca, en la misma gráfica se observa que por cada centímetro de aumento en el ancho de anca se incrementa el peso corporal en 6,29 kg.

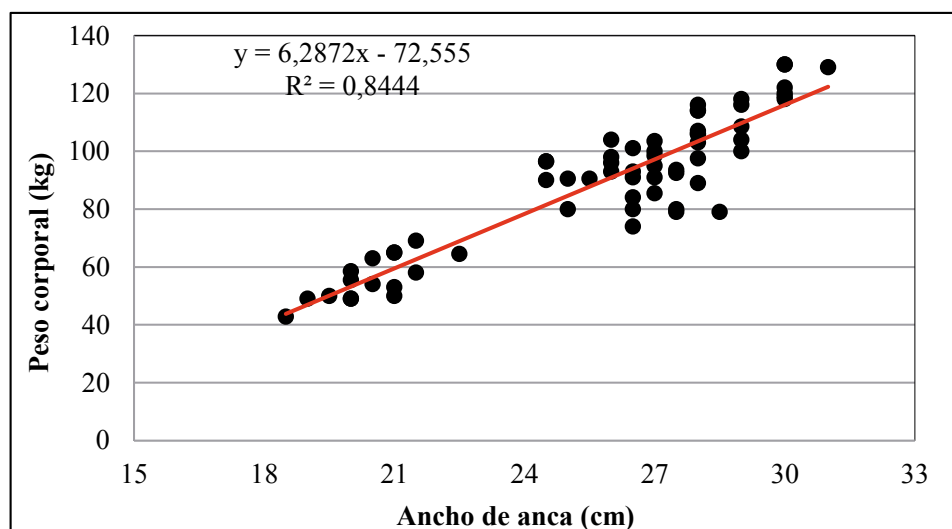


Figura 5. Relación ancho de anca vs peso corporal

Conclusiones

El comportamiento del peso corporal de las llamas durante el período en estudio mostró que hasta los 14 meses de edad las llamas hembras registraron una superioridad en peso corporal con relación a los machos debido a que las hembras desarrollan físicamente más rápido que los machos en la adolescencia a causa de factores hormonales. A los 25 meses de edad las hembras presentaron una reducción en el peso corporal y en machos el peso se mantuvo casi constante, la razón fue la escasa disponibilidad de pastos nativos (principal alimento de los camélidos) a causa de una baja precipitación pluvial durante el año de evaluación. En adultos, los machos presentaron un mayor peso corporal con relación a las hembras, sin embargo, esta superioridad no fue significativa ($p > 0,05$).

De acuerdo a la información obtenida, los animales a los 5 meses de edad presentaron un peso y desarrollo corporal muy superior al promedio de peso corporal de llamas de la misma edad de la mayoría de las regiones productoras

de camélidos de Bolivia, pues a partir de esta edad en la región del intersalar de Uyuni ya se puede realizar la selección de llamas *q'ara* para desarrollar programas de mejora genética para la producción de carne.

A la edad de 14 meses las llamas machos obtuvieron un peso corporal promedio de 90,75 kg, valor que se encuentra por encima del promedio de peso corporal de llamas adultas en Bolivia, por tanto, estos animales se encuentran listos para la faena y obtención de carne tierna y libre de sarcocystiosis. La máxima ganancia de peso diario se registró hasta los 5 meses de edad.

Se obtuvo alta correlación entre peso corporal y las variables de perímetro torácico y ancho de anca, por tanto, el peso corporal depende del incremento del perímetro torácico y ancho de anca.

De acuerdo al análisis de regresión lineal, por cada centímetro de aumento en el perímetro torácico y ancho de anca se incrementa el peso corporal en 2,07 y 6,29 kg, respectivamente.

Referencias citadas

- Espinoza, M. (2010). Caracterización zoométrica, productiva y efectos de factores ambientales en llamas (*Lama glama* L.) del ecotipo tiwtiri. (Tesis de licenciatura). Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. 110 p.
- García, W.; San Martín, F.; Novoa, C. y Franco, E. (2002). Engorde de llamas bajo diferentes regímenes alimenticios. En: Revista de investigaciones veterinarias del Perú. Versión impresa ISSN 1609 – 9117.
- Leyva, V. y Falcón, P. (2007). Evaluación de medidas corporales para la selección de llamas madres y crías. Universidad Mayor de San Marcos. En: Revista de investigación. Cusco – Perú. 18-29 pp.
- Quispe, J. y Condori, G. (2013). Caracterización de llamas conservadas en condición *in situ* en la comunidad de Challacollo, región intersalar de Uyuni, Potosí - Bolivia. En: Conservación y manejo de recursos genéticos para la seguridad y soberanía alimentaria en Bolivia. Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal – Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras (INIAF-MDRyT). La Paz, Bolivia. 1(2). 67-75 pp.
- Quispe, J. (2014). Caracterización fenotípica de llamas del tipo *t'amphulli* conservadas en condición *in situ* en las regiones de Quetena Grande - Potosí y Calientes - Cochabamba. En: Revista de investigación e innovación para la seguridad y soberanía alimentaria. Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal – Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras (INIAF-MDRyT). La Paz, Bolivia. 54-65 pp.
- Rodríguez, T. (1981). Importancia de la influencia de factores ambientales sobre algunos caracteres de producción de carne y lana en llamas. Chapingo, México. Tesis maestro en Ciencias, Especialidad Ganadería, Colegio Post graduados. 127 p.
- Senamhi (2015). Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. Estación Uyuni, provincia Antonio Quijarro, Potosí, Bolivia.
- Ticona, I. (2013). Caracterización zoométrica y productiva de la llama (*Lama glama*) en dos comunidades (Quelca y Condoramaya). (Tesis de licenciatura). Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. 100 p.

Caracterización de accesiones de trigo provenientes de Chuquisaca del Banco de Germoplasma de Cereales y Leguminosas

Roger Rioja Barahona, Edwin Iquize Vilca

Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal - INIAF

Programa Nacional de Recursos Genéticos.

e-mail: rogerrioja@gmail.com y e_iquize_v@hotmail.com

Resumen

A través del proceso de refrescamiento (2013-2014) se ha registrado la viabilidad de 26 accesiones de *Triticum* spp, que fueron colectadas en Chuquisaca hace 31 años. Las 26 accesiones provienen del Banco de Germoplasma de Cereales y Leguminosas de Bolivia, dependiente del Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF). La parcela de refrescamiento tuvo una superficie de 105 m², condiciones de humedad en su capacidad de campo, la densidad de siembra fue de 60 semillas por metro lineal, el ancho de surco de 0,25 m y se aplicó prácticas de Manejo Integrado de Cultivos (MIP). Los resultados indican que luego de realizar el control interno de calidad poscosecha en laboratorio el porcentaje de germinación promedio de las 26 accesiones es de 98,41%; un contenido de humedad promedio de 11,52%; días a la madurez de 122,54 días; un peso de 1.000 granos de 44 g y un rendimiento de grano de 2.798,54 kg/ha. Tomando en cuenta variables cualitativas principales, como reacción al acame (RA), el 11,54% de las accesiones son susceptibles, 11,54% son moderadamente tolerantes, 61,54% son tolerantes y 15,38% son muy tolerantes; referente la reacción al desgrane (RD) el 11,54% son moderadamente tolerantes, 57,69% son tolerantes y el 30,77% son muy tolerantes; esto indica que el germoplasma refrescado puede ser introducido en la cámara de conservación del Banco de Germoplasma de Cereales y Leguminosas. Las correlaciones significativas fueron: rendimiento asociado con el número de granos por hilera, número de granos por hilera está relacionado con la longitud de espiga y días a la floración, esta última correlacionada con la altura de planta. También la variable días a la maduración está correlacionada con el peso de 1.000 semillas y contenido de humedad de la semilla. Con la información de los caracteres cualitativos se organizó en 10 grupos, donde sobresalen los grupos 6 y 10 por accesiones, con expresión muy tolerante a roya y *Helminthosporium*.

Palabras Clave: *Triticum* sp., refrescamiento, caracterización

Abstract

Through the process of refreshment (2013-2014), there has been registered the viability of 26 accessions of *Triticum* spp. These accessions were collected in Chuquisaca 31 years ago. The 26 accessions come from the Germplasm Bank of cereals and legumes Bolivia, under the National Institute of Agricultural and Forestry Innovation INIAF. The plot of refreshment had an area of 105 m², wet conditions in its field capacity, seeding was 60 seeds per meter, groove width 0.25 m, practices of Integrated Crop Management (IPM) was applied. The results indicate that: after making the internal quality control postharvest laboratory shows that the average percentage of germination of the 26 accessions is 98.41%; average moisture content of 11.52%; days to maturity of 122.54 days; 1000 grain weight of 44 g and a grain yield of 2798.54 kg / ha. Taking into account qualitative variables Main, in reaction to lodging (RA), the 11.54% of the accessions are susceptible, 11.54% are moderately tolerant, 61.54% and 15.38% are tolerant are very tolerant; concerning the reaction to shattering (RD) 11.54% are moderately tolerant, 57.69% are tolerant and 30.77% are very tolerant; this indicates that the germplasm can be introduced into the camera conservation Germplasm Bank of cereals and legumes. The significant correlations were: yield is associated with the number of kernels per row. The number of kernels per row is correlated to the spike length and days to flowering, the latter is correlated with plant height. Also days maturation is correlated with the weight of 1000 seeds and moisture content of the seed. With the information qualitative characteristics were grouped into 10 groups. Protrudes the groups number 6 and 10 with accessions with very tolerant *Puccinia* and *Helminthosporium* expression.

Keywords: *Triticum* sp., refresh, characterization

Introducción

Los bancos de germoplasma son depósitos de recursos fitogenéticos que proporcionan la materia prima para el mejoramiento de los cultivos. Las semillas que se almacenan en los bancos de germoplasma son un recurso vital e irremplazable, una herencia que se debe conservar para proveer opciones a la agricultura en el futuro, en un mundo que afronta el cambio climático y otros desafíos. La conservación del germoplasma es un mandato de un banco de germoplasma, enmarcado dentro de las políticas nacionales, por lo tanto, es una necesidad imperiosa realizar acciones de refrescamiento del germoplasma disponible, es este caso de accesiones de trigo (*Triticum* spp.) (Inglett, 1974, citado por Quiñones, 2007).

La regeneración de germoplasma se considera de vital importancia, porque es la renovación de las accesiones de germoplasma mediante la siembra y la cosecha de semillas, a pesar de ser una operación crítica dentro del manejo de un banco de germoplasma, porque implica riesgos para la integridad genética de las accesiones. La regeneración de germoplasma de trigo tiene diferentes propósitos: incrementar la cantidad de semilla, recuperación de las reservas de semilla de colecciones base y activas, refrescar el germoplasma y cumplimiento de requerimientos especiales de los fitomejoradores.

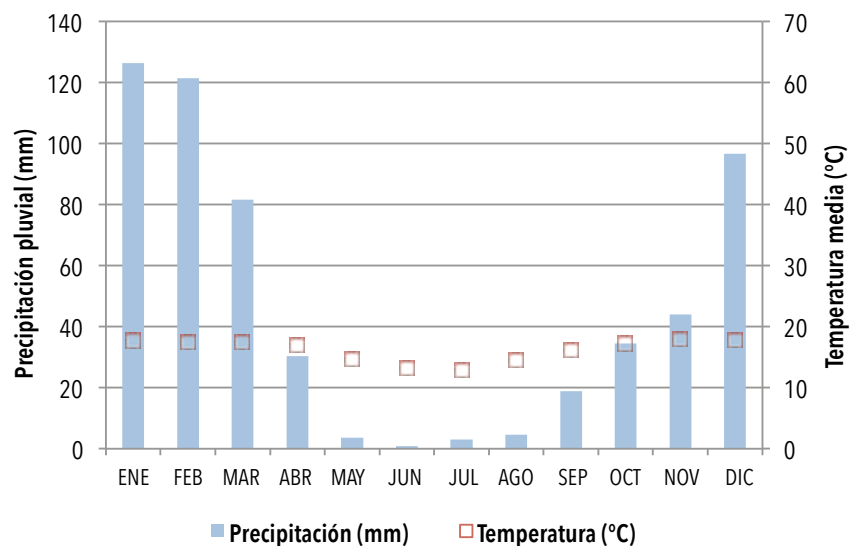
Dando continuidad a las actividades de gestión, conservación, uso y manejo de las diferentes colecciones de recursos genéticos, el programa a través del subproyecto de Fortalecimiento de las Actividades de Conservación de Recursos Genéticos de la Agrobiodiversidad plantea la presente actividad, referente al “refrescamiento de accesiones de trigo” como una acción importante de apoyo al Banco Base de Germoplasma de Cereales y Leguminosas, ubicado en la Estación Experimental de Toralapa, en Cochabamba.

El presente trabajo tiene el objetivo de refrescar el material genético de accesiones de trigo, con la finalidad de renovar la viabilidad y potenciar la germinación; además de determinar la variabilidad de los caracteres cualitativos y cuantitativos.

Materiales y métodos

El trabajo se realizó en el municipio de Zudáñez, comunidad de Cabra Cancha, en predios agrícolas de la planta de acondicionamiento de semillas del INIAF-Chuquisaca. Los datos de precipitación y temperatura datan de un historial de 1995 a 2014 (figura 1), donde se visualiza que la mayor precipitación se registra en los meses de diciembre a marzo y la temperatura también es mayor.

Figura 1. Precipitación y temperatura media de la Estación Meteorológica Zudáñez (registro de 1995 a 2014) (Senamhi, 2015)



El material genético empleado corresponde a accesiones del Banco de Germoplasma de Cereales y Leguminosas, las 26 accesiones proceden del departamento de Chuquisaca (Cuadro 1).

Cuadro 1. Procedencia de accesiones de trigo (*Triticum* spp.) refrescadas en Chuquisaca

Origen de las accesiones		Altitud (msnm)			
Provincia	Localidad	Nº Accesiones	Mínimo	Máximo	Año
Belisario Boeto	Concepción pampa	1	2.020	2.020	1983
Oropeza	Chuqui chuqui	1	1.800	1.800	1983
Tomina	Arquillos, Pampas Abajo y Sobo-Sobo	4	2.020	2.160	1983
Yamparáez	Lajas, Lavadero Pampa, Morado K'asa, Tarabuco, Vila-Vila y Villa-Villa	9	2.750	3.240	1983
	Canal pampa, Peral, Pupa Huaycu, Redención Pampa, Sala pampa, San Antonio y Turu Mayu	11	2.400	2.900	1983
Total		26			

Fuente: Elaboración propia

Presiembra y siembra

El proceso comprendió:

Selección de la parcela: uniforme, buen drenaje, historial del manejo con rotación de cultivos.
Superficie de la parcela: 105 m² (21 x 5m).

Sistema de siembra: chorro continuo en hileras

o surcos, cuatro surcos por accesión.

Densidad de siembra: 60 semillas por metro lineal.

Nivel de fertilización mineral: 64:46:00 (Fertilizantes: Superfosfato di amónico y Urea) y Nivel de fertilización orgánica 3 Tm/ha.

Desarrollo vegetativo

Respecto al manejo de malezas, plagas y enfermedades, se realizó un diagnóstico de la presencia de estos factores, a partir del cual se hizo un manejo integrado del cultivo. Se realizó un seguimiento en base a variables propuestas por el Programa Nacional del Trigo PNT-INIAF, a través de fichas de seguimiento. Para asegurar el refrescamiento se procedió a suministrar riego suplementario.



Figura 2. Parcela de refrescamiento de accesiones de *Triticum* sp., en predios de la planta de acondicionamiento de semillas INIAF-Zudáñez -Chuquisaca. Fase fisiológica, espigado (Campaña agrícola 2013-2014)

Etapa de cosecha y poscosecha



Figura 3. Parcela de refrescamiento de accesiones de *Triticum* sp., predios de la planta de acondicionamiento de semillas INIAF-Zudáñez-Chuquisaca. Fase fisiológica, maduración del grano, acción de depuración (roguins) del ensayo (Campaña agrícola 2013-2014)

La cosecha se realizó de forma escalonada por diferencias fisiológicas de las accesiones. Los granos fueron almacenados en sobres de papel kraft debidamente identificados.

En la evaluación y el seguimiento se aplicó tres tipos de fichas o registros en función a las fases del cultivo: (1) fase de prefloración, (2) fase de floración, (3) cosecha y poscosecha. Las variables evaluadas fueron con base en la propuesta técnica del Programa Nacional de Trigo – INIAF.

Las variables o descriptores cualitativos fueron procesados con distribución de frecuencias de

una vía, también se empleó el coeficiente de distancia de Jaccard y Cluster con el método centroide. A su vez, los descriptores cuantitativos fueron procesados con el análisis de regresión múltiple con el método de selección de variables, que inciden sobre el rendimiento de grano de trigo (Steel y Torrie, 1992; Montgomery, 2003; SAS Institute Inc, 2015).

Resultados y discusión

Las accesiones de trigo refrescadas presentan características de espiga de diferente morfología (figura 4).



Figura 4. Espigas de accesiones de *Triticum* sp. (Campaña agrícola 2013-2014).

Variables cualitativas

Las características cualitativas de las accesiones de trigo tienen predominancia en el porte de planta como semidecumbente, como tolerantes al acame, desgrane, incidencia a Roya y *Helminthosporium*, también presentan espiga laxa. Referente al color de espiga, con predominancia se registró rojo a café, color de grano blanco, tipo de grano en su generalidad lleno y

tamaño de grano mediano. Estas características tienen variabilidad desde dos a cuatro caracteres registrados (cuadro 2). Esta variabilidad de caracteres con tolerancia a varios factores como al acame, desgrane y enfermedades son propios de variedades nativas o criollas, que pueden ser usados por fitomejoradores. A su vez, estas accesiones muestran una característica de granos medianos, lo que se refleja en los rendimientos.

Cuadro 2. Distribución de frecuencia de las accesiones de trigo respecto a descriptores cualitativos

Descriptores	Accesiones	Porcentaje	Descriptores	Accesiones	Porcentaje
Porte de la planta (PP)			Helminthosporium (HL)		
3 Semi decumbente	13	50,00	4 Tolerante	15	57,69
4 Semi erecto	10	38,46	5 Muy tolerante	11	42,31
5 Erecto	3	11,54	Color de la espiga (CE)		
Reacción a acame (RA)			1 Blanco	12	46,15
2 Susceptible	3	11,54	3 Rojo a Café	14	53,85
3 Mod. Tolerante	3	11,54	Color del grano (CG)		
4 Tolerante	16	61,54	1 Blanco	16	61,54
5 Muy tolerante	4	15,38	3 Rojo	10	38,46
Reacción al desgrane (RD)			Tipo de grano (TGR)		
3 Mod. Tolerante	3	11,54	3 Casi lleno	4	15,38
4 Tolerante	15	57,69	4 Lleno	22	84,62
5 Muy tolerante	8	30,77	Tamaño de grano (TG)		
Roya			1 Pequeño	8	30,77
3 Mod. Tolerante	9	34,62	3 Mediano	17	65,38
4 Tolerante	15	57,69	5 Grande	1	3,85
5 Muy tolerante	2	7,69	Total	26	100,00
Densidad de la espiga (DES)					
2 Laxa	21	80,77%			
3 Mod. compacta	5	19,23%			

Con base en el coeficiente de distancia de Jaccard se generó 10 grupos (Cluster) de las accesiones a una distancia de 0,6031. Respecto al grupo 2, tiene accesiones con mayor frecuencia colectadas del cultivar Gabo y el grupo 6 está conformado por dos accesiones del cultivar Trigo Australiano, estos resultados permiten visualizar la estabilidad de los caracteres morfológicos del trigo Gabo y Australiano. Asi-

mismo, los otros grupos conformados incluyen accesiones de diferentes cultivares, este aspecto probablemente sea por el manejo del cultivo y en diferentes sitios. Sin embargo, pueden deberse también a la respuesta propia de cada accesión, dadas sus características genotípicas y fisiológicas intrínsecas que tienen respuesta sobre todo al cambio climático que impera en el medio.

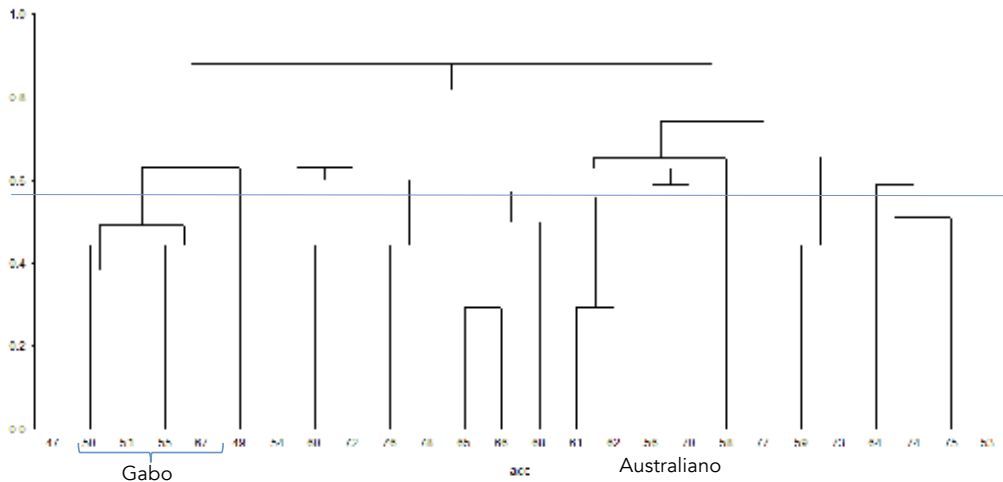


Figura 5. Cluster por método de centroide de las distancias Jaccard entre accesiones de trigo

Variables cuantitativas

El rendimiento de grano de trigo (cuadro 3) presenta variación de 446 a 5.626 kg/ha y ha generado un coeficiente de variación de 39%, este resultado se asume por el efecto ambiental aso-

ciado con la expresión genotípica de las 26 accesiones de trigo. La variación mínima (%) se observó en la germinación de la semilla posterior a la cosecha, que está próxima al 98% e indica que la semilla refrescada puede ser introducida en la cámara de conservación.

Cuadro 3. Estadística descriptiva de accesiones de trigo respecto a descriptores cuantitativos

Variable	n	Media	Desv. Tip.	Mínimo	Máximo	Coef. Var. (%)
Días a la emergencia (DE)	26	5,27	0,60	5	7	11,46
Germinación (%) (G)	26	86,35	8,19	60	95	9,49
Nº de macollos (NM)	26	4,42	0,76	3	6	17,13
Días a la floración (DF)	26	53,65	7,18	40	69	13,38
Altura de planta (AP) cm.	26	91,77	16,03	50	120	17,47
Longitud de espiga (LE)	26	7,65	1,20	5	10	15,65
Nº hileras por espiga	25	4,04	0,20	4	5	4,95
Nº de granos por hilera espiga (NGH)	26	7,85	0,73	6	9	9,33
Días a la madurez (DM)	26	122,54	10,42	103	145	8,51
Peso de 1.000 granos (PMG) (g)	26	44,00	5,40	34	52	12,26
Rendimiento grano (kg/ha)	26	2.798,54	1.095,42	446	5.626	39,14
Germinación poscosecha (%)	26	98,41	0,81	96,67	99,67	0,83
Humedad al 10/09/2014 (%)	25	11,52	0,29	11	12,2	2,50

Las variables cuantitativas presentan correlación significativa en siete oportunidades, donde rendimiento está asociado con el número de granos por hilera (Anexo 3). El mismo número de granos por hilera está relacionado con longitud de espiga y días a la floración, esta última está correlacionada con la altura de planta. Asimismo, días a la maduración está correlacionada con el peso de 1.000 semillas y contenido de humedad de la semilla. Probablemente este análisis correlacionado de factores que guarda cierta lógica técnica podría ser más cohesionado si se contaría con información de una caracterización agromorfológica, de ahí se concuerda la necesidad de realizar este trabajo la próxima

gestión agrícola.

El análisis de regresión múltiple con el método de identificación de variables significativas (cuadro 4) presenta dos variables seleccionadas a la P: 0,05. La variable peso de 1.000 semillas presenta significación estadística a la P: 0,05 que inciden en el rendimiento de grano por cada gramo en $96,35 \pm 35,07$ kg/ha. Las otras 11 variables (cuadro 3) no tienen influencia sobre el rendimiento; sin embargo, se puede inferir que podría tener cierto grado de atribución o dominio también variables como el tipo de grano (lleno) y tamaño del grano (mediano).

Cuadro 4. Análisis de regresión según el método Stepwise de descriptores cuantitativos sobre el rendimiento

Fuente variación	Grados libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	Pr > F
Regresión	2	6083629	3041814	4.00 *	0.0337
Residuo	21	15970188	760485		
Total	23	22053817			

Variable	Estimador parámetro	Error estándar	Sumas cuadradas tipo II	F	Pr > F
Intercepto	481.87084	1559.32932	72623	0.10 ns	0.7603
Número macollos	-402.20563	250.84235	1955173	2.57 ns	0.1238
Peso de 1000 semillas	96.3534	35.06701	5741525	7.55 *	0.0121

Referente a trabajos realizados con el cultivo de trigo, se tiene el antecedente de que 50 líneas avanzadas de trigo harinero adaptadas a climas semiáridos (Marza *et al.*, 2014), que presentan rendimientos de $5.337,0 \pm 966,3$ kg/ha, que superan a las observadas en las 26 accesiones de trigo. Nótese que en las 26 accesiones de trigo probablemente se pueda, a través de mejoramiento genéti-

co, rescatar genes de resistencia a enfermedades; si se toma en cuenta que las variables cualitativas muestran que la mayor frecuencia de accesiones (15) registró ser tolerantes a Roya y *Helminthosporium* (cuadro 2). Por ejemplo, el grupo 6 presenta la accesión 70 con el carácter muy tolerante a roya y la accesión 53 tolerante a *Helminthosporium* en el grupo 10 (cuadros 5 y 6)

Cuadro 5. Accesiones de trigo agrupadas y descritas por el efecto de la roya

Roya	Grupo o cluster										Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
3 Mod. Tolerante	2	3	2	-	1	-	-	1	-	-	9
4 Tolerante	-	-	4	5	1	1	3	-	1	-	15
5 Muy tolerante	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	2
Total	2	3	6	5	2	2	3	1	1	1	26

Cuadro 6. Accesiones de trigo agrupadas y descritas por el efecto de *Helminthosporium*

<i>Helminthosporium</i>	Grupo o cluster										Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
4 Tolerante	2	3	-	5	2	-	2	-	1	-	15
5 Muy tolerante	-	-	6	-	-	2	1	1	-	1	11
Total	2	3	6	5	2	2	3	1	1	1	26

En el ámbito de difusión de resultados, indudablemente el Día Departamental del Trigo se ha constituido en un escenario ideal para socializar el trabajo de investigación desde la perspectiva técnica: visualizar *in situ* las características agromorfológicas de las accesiones; económica: vislumbrar algunas accesiones promisorias para el mercado y como fuente de fitomejoramiento; social: por la composición de los visitantes (productores, técnicos institucionales, estudiantes, dirigentes y otros), quienes conocieron el proceso de refrescamiento; cultural: porque se incidió en la toma de conciencia y sensibilización del valor de los recursos genéticos para el desarrollo de la agricultura

Conclusiones

Las accesiones refrescadas y su germinación presentan condiciones para ser conservadas en el Banco de Germoplasma de Cereales y Leguminosas que administra el INIAF, considerando que la variación mínima (%) se observó en la germinación de la semilla posterior a la cosecha, que registra una media de 98,41% y una humedad promedio de 11,52%, parámetros que indican que la semilla refrescada puede ser introducida en la cámara de conservación.

Se observó accesiones con similares características fenotípicas cualitativas y que conforman 10 grupos. Entre ellas, el grupo 6 y 10

componen dos accesiones muy tolerantes a roya y *Helminthosporium*.

El rendimiento es independiente de 11 variables cuantitativas evaluadas y el peso de 1.000 semillas posee cierta incidencia sobre el rendimiento ($96,35 \pm 35,07$ kg/ha)

En el Día Departamental del Trigo el refrescamiento de las 26 accesiones se ha realizado en una parcela demostrativa, que fue visitada por productores de trigo para ver cuál es el proceso de refrescamiento, dentro del manejo de los recursos genéticos.

Para futuros trabajos de refrescamiento se deberá tomar en cuenta los lugares de origen del material genético, para efectuar el trabajo conjuntamente el agricultor o agricultora.

Referencias citadas

- Marza, Félix; Butrón, R; Canelas, J; Huallpa, B; Tenorio, J; Villegas, R. Gutiérrez, G. 2014. “Variabilidad fenotípica de 50 líneas de trigo adaptadas a condiciones semiáridas”. En: Revista Científica de Investigación *InfoINIAF*. “Investigación e Innovación para la Seguridad y Soberanía Alimentaria en Bolivia” N° 3, Volumen 1. INIAF. Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras. pp 9-12. www.iniaf.gob.bo
- Montgomery, D. 2003. Diseño y análisis de experimentos. Trad. Rodolfo Piña García. Limusa Wiley México DF 686p.
- Quiñones A.F. 2007. Variación de la producción de materia seca y eficiencia de absorción de nitrógeno en cultivares antiguos y modernos de trigo (*Triticum aestivum*) a dos niveles de disponibilidad de nitrógeno en suelos volcánicos. Tesis presentada como parte de los requisitos para optar al grado de Licenciado en Agronomía Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias Escuela de Agronomía.
- SAS Institute Inc. (2014). Documentation for SAS v9.2. www.sas.com.
- Senamhi, 2015. Sismet. Base de datos. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. <http://www.senamhi.gob.bo/sismet/index.php>
- Steel R.; Torrie, J. 1992. Bioestadística: principios y procedimientos. McGraw-Hill, México DF. 621 p.

Raciones en heno con niveles de urea y melaza en el engorde de maltones en la localidad de Llallagua

Alex J. Machicado Alconz^{1*}

¹Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF), Gestor de conocimiento (Asistencia Técnica), Calle Santa Cruz N°345, Potosí y Pagador, Oruro, Bolivia

*e-mail: ajacmaa@yahoo.com

Resumen

Esta investigación se realizó en los predios del Área de Tecnología, dependiente de la Universidad Nacional Siglo XX de la localidad de Llallagua, provincia Bustillo del departamento de Potosí, desde el 7 de abril al 7 de octubre de la gestión 2007. El objetivo fue determinar el nivel de urea y melaza irrigada en las raciones para la alimentación de maltones, cuantificar estos efectos en el incremento de peso, peso vivo final, ganancia diaria, consumo de forraje en heno y medidas zoométricas. Se emplearon 24 cabezas de maltones de la raza *q'hara* de 18 a 19 meses de edad con pesos vivos de 31,09 a 53 kg. El tratamiento $T_{0,5}$ con 0,5% de urea en mezcla con dilución de agua en una proporción de 1:9:4 se encontró valores superiores y que estadísticamente son diferentes a los tratamientos T_1 , T_2 y T_0 en las siguientes variables de respuestas: peso vivo al final del estudio (90 días), ganancia de peso vivo (90 días), incremento de peso vivo, perímetro torácico, peso canal, consumo de materia seca (kg MS/día/cab), consumo de materia seca (%) y consumo de materia seca (kg MS/trat), con valores de: 58,25 kg, 12,00 kg, 133,50 g/día/cab, 87,89 cm, 30,00 kg, 1,02 kg M.S./día/cab, 1,89 % y 6,13 kg de MS/tratamiento, respectivamente. El ajuste a un modelo de regresión lineal múltiple para describir la relación entre la variable dependiente Y (peso vivo) y las dos variables independientes; altura cruz (X_1) y perímetro torácico (X_2) es: $Y = -86,7224 + 0,992055X_1 + 0,602152X_2$.

Palabras clave: raciones, urea, *q'hara*, maltones.

Abstract

The research work: Rations in hay with levels of urea and molasses in fattening maltones in the town of Llallagua was held in the premises of the Department of Technology, part of the National "Siglo XX" University of the town of Llallagua Bustillo province of the department of Potosi. Research was from April 7 to 7 October 2007 management. The aim of the research was to determine the level of urea and molasses irrigated food rations of maltones, quantify these effects on weight gain, final body weight, daily gain, consumption of hay and forage zoometric measures. Maltones 24 heads of *Q'hara* race used 18 to 19 months old with live weights of 31.09 to 53 kg. $T_{0.5}$ treatment with 0.5% urea in admixture with water at a dilution ratio of 1: 9: 4 and higher values were found to be statistically different from T_1 , T_2 and T_0 treatments in the following response variables: Weight alive at the end of the study (90 days), live weight gain (90 days), increased body weight, chest circumference, case weight Dry matter intake (kg DM / day / cab) Dry matter intake (%) and Dry matter intake (kg DM / tried), with values: 58.25 kg, 12.00 kg, 133.50 g / day / cab, 87.89 cm, 30.00 kg, 1.02 kg DM / day / cab, 1.89% and 6.13 kg DM / treatment respectively. The adjustment to a multiple linear regression model to describe the relationship between the dependent variable Y (live weight) and the two independent variables; cross height (X_1) and heart girth (X_2) is: $Y = -86.7224 + 0.992055X_1 + 0.602152X_2$.

Keywords: rations, urea, *q'hara*, maltones.

Introducción

Los camélidos sudamericanos domésticos son considerados como la ganadería andina del futuro, por ser productores de carne, fibra y cuero. Además, su crianza constituye la actividad económica principal y de subsistencia de los ganaderos de la región andina (Unepca, 2000).

El sistema de alimentación en la crianza de camélidos es en forma extensiva y mixta. Durante la época invernal o seco (abril a noviembre), la llama se ve afectada en su alimentación por la escasa disponibilidad de pastos en CANAPAS (campos nativos de pastoreo) y la baja calidad de las mismas.

La mezcla de urea + melaza es bien aceptada por los animales y además permite aprovechar forraje en heno de forma más eficiente, ya que aporta NNP y energía a los microorganismos ruminales y permite su rápida multiplicación, lo que posibilita un intenso ataque de los microorganismos a la fracción fibrosa de la ración. Los objetivos del presente trabajo son los siguientes:

- Evaluar el efecto de las raciones alimenticias en heno con niveles de urea y melaza en el engorde de maltones en época seca en la localidad de Llallagua, provincia Bustillo del departamento de Potosí.
- Determinar el nivel adecuado de urea y melaza en la suplementación de la ración alimenticia en heno (triticale, cebada y alfalfa) en maltones.
- Determinar el peso vivo, ganancia diaria, consumo de forraje y peso canal.
- Determinar las medidas zoométricas: altura cruz, largo de cuerpo, perímetro torácico, ancho de grupa, alto del tórax y altura de grupa.

Materiales y métodos

El presente trabajo de investigación se realizó en la gestión 2007, en los predios de la carrera de In-

geniería Agronómica de la Universidad Nacional Siglo XX, ubicada en la localidad de Llallagua de la provincia Bustillo del departamento de Potosí (figura 1).

La carrera de Ingeniería Agronómica está ubicada a 1,5 km entre la carretera Llallagua-Catavi y posee una superficie aproximada de 5,8 ha. Geográficamente está ubicada en las siguientes coordenadas: latitud Sud 18°23'07", longitud Oeste 66°30'40", altitud 3.792 msnm.



Figura 1. Ubicación de la investigación

Para el trabajo de investigación se construyó un corral de suplementación desde el 6 de junio al 6 de julio de 2007, en un área total de 73,94 m². Se utilizaron 24 llamas machos de raza *q'hara* de 18 a 19 meses de edad, con pesos vivos que oscilaron entre 31,09 y 53 kg, con un promedio de 44,10 kg. La cantidad de insumos alimenticios que se empleó fue de 1.152,96 kg de triticale en heno (variedad Renacer), 288,24 kg cebada en heno (variedad Gloria), 718,79 kg alfalfa en heno (variedad Ranger), 19,00 kg de urea comercial al 46% de nitrógeno, 171,65 kg de melaza.

Los materiales e insumos veterinarios que se emplearon fueron: jeringa hipodérmica, producto antiparasitario de 50 ml (ivermectina) y vitamina A, D y E de 100 ml. Mientras que los materia-

les ganaderos que se emplearon eran 24 caravanas con numeración correlativa, un aplicador, camelímetro (para medidas zoométricas) y sogas de sujeción de 5 m. Por último se detalla la maquinaria y equipos que se utilizó: tractor agrícola y su acople, molino de cereales, báscula digital de 500 kg de capacidad, balanza de precisión de 4.000 g, balanza tipo reloj de 20 kg

de capacidad con aproximación de 1 g.

La metodología de cálculo y diseño experimental corresponde a un diseño de bloques al azar, con tres tratamientos más un testigo, donde cada tratamiento tiene seis repeticiones (seis cabezas de ganado), lo que hace un total de 24 cabezas de llamas machos.

Descripción de los tratamientos

Los tratamientos son los siguientes:

Cuadro 1. Codificación, tratamientos y repeticiones

Código	Tratamientos	Repeticiones
T ₀	P + con suplementación + 0 % de urea	6
T ₀₅	P + triticales + cebada + alfalfa + 0,5 % Urea	6
T ₁	P + triticales + cebada + alfalfa + 1 % Urea	6
T ₂	P + triticales + cebada + alfalfa + 2 % Urea	6

Donde: P = Pastoreo

Variables de respuesta

Las variables de respuesta fueron:

- Peso vivo (kg).
- Consumo de forraje (kg).
- Peso canal (kg).
- Medidas zoométricas (perímetro torácico, altura cruz, alto de tórax, largo de cuerpo, altura y ancho de grupa).

Distribución de los grupos, control de peso y medidas biométricas de los animales

Los tratamientos estuvieron conformados por maltones (llamas machos de 18 a 19 meses de edad), con pesos vivos homogéneos, a los mismos, que fueron aplicados cuatro tratamientos (X_n = 0%, 0,5%, 1% y 2% de urea), a cada tratamiento se le realizó el control de pesos vivos con intervalo de 15 días, durante el periodo de 90 días. Las medidas morfológicas (zoométricas) sólo se aplicaron al grupo de tratamiento al inicio (O_{inicial} = observación) y final (O_{final} = observación final) del trabajo de investigación.

Modelo y evaluación estadística

El modelo estadístico para determinar el efecto del factor de estudio fue el siguiente (Reyes, 1980):

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

i = 1, 2...t (t = 4 tratamientos)

j = 1, 2, 3...r (r = 6 bloques)

Y_{ij} = Valor de respuesta observada en la k-ésima unidad experimental ubicada en el j-ésimo bloque que recibe el i-ésimo tratamiento.

μ = Media de la población.

α_i = Es el efecto fijo del i-ésimo tratamiento.

β_j = Es el efecto aleatorio del j-ésimo bloque ~ NIID (0, σ_r²)

ε_{ij} = Efecto aleatorio de los residuales ~ NIID (0, σ_e²).

Regresión, coeficiente de correlación y de determinación

Se determinó la curva de aproximación y sus ecuaciones de la variable independiente (X) de niveles de urea (0; 0,5; 1 y 2% de urea) y la variable dependiente (Y) de peso vivo final (kg), ganancia de peso vivo en 90 días (kg), ganancia de peso (g/día), perímetro torácico (cm) y peso canal (kg), donde ambas variables mostraron una relación no lineal, más al contrario, se ajustaron a ecuaciones polinomiales de tipo parabólica (o curva cuadrática) y curva cúbica respectivamente (Calzada, 1974).

$$Y = a + bx + cx^2 \text{ (parabólica)}$$

$$Y = a + bx + cx^2 + dx^3 \text{ (cúbica)}$$

Para predecir el peso vivo final (Y), a partir de las variables independientes a regresoras (X); altura cruz, perímetro torácico y longitud de cuerpo, se halló un modelo de regresión lineal múltiple, empleando el paquete estadístico Statgraphics Plus 5.1 (Gutiérrez, 2003).

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + \varepsilon$$

Donde:

Y = Variable de respuesta

$X_1, X_2, \dots, X_k$ = Variables independientes o regresoras

β_j = Coeficientes de regresión

ε = Error aleatorio con media cero, $E(\varepsilon) = 0$ y $V(\varepsilon) = \sigma^2$

Metodología experimental

El presente trabajo de investigación se desarrolló en tres etapas:

A Primera etapa: acopio de forraje, construcción, selección de animales

B Segunda etapa: análisis de laboratorio de los forrajes en heno

C Tercera etapa: estudio

Resultados y discusión

Los resultados del trabajo de investigación de la adición de niveles de urea y melaza en la suplementación de llamas maltonas se detallan a continuación:

Peso vivo final

De acuerdo a los resultados de análisis de varianza para pesos vivos finales se observó que entre tratamientos presenta diferencia estadística significativa ($P < 0,05$), pero no presenta diferencia significativa entre bloques a la misma probabilidad, con un promedio y coeficiente de variación de 52,86 kg y 9,84%.

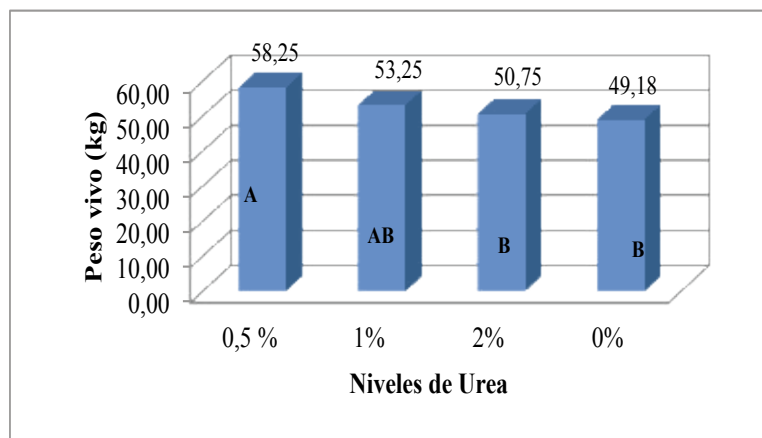


Figura 2. Peso final a los 90 días

De acuerdo a la prueba del rango múltiple de Duncan ($\alpha=0,05$) para la variable peso final (figura 2) se observa que los tratamientos $T_{0,5}$ y T_1 con pesos vivos finales de 58,25 y 53,25 kg son los dos que mayores valores registraron y que ambos no presentan diferencia estadística significativa; sin embargo, el tratamiento T_1 respecto a los T_2 y T_0 con pesos vivos de 50,75 y 49,18 kg tampoco presenta diferencia estadística significativa. Los mayores pesos vivos de los $T_{0,5}$ y T_1 con respecto a los demás tratamientos se deben al mayor consumo y aceptabilidad del alimento adicionado con 0,5% y 1% de urea y melaza diluida en agua.

Evaluación de ganancia de peso vivo en 90 días

El análisis de varianza para la ganancia de peso vivo en 90 días permitió evidenciar una diferencia altamente significativa ($P < 0,01$) entre tratamientos; se tiene un promedio de 8,81 kg y un coeficiente de variación de 22,60%, lo que muestra que la variación está dentro de los parámetros establecidos.

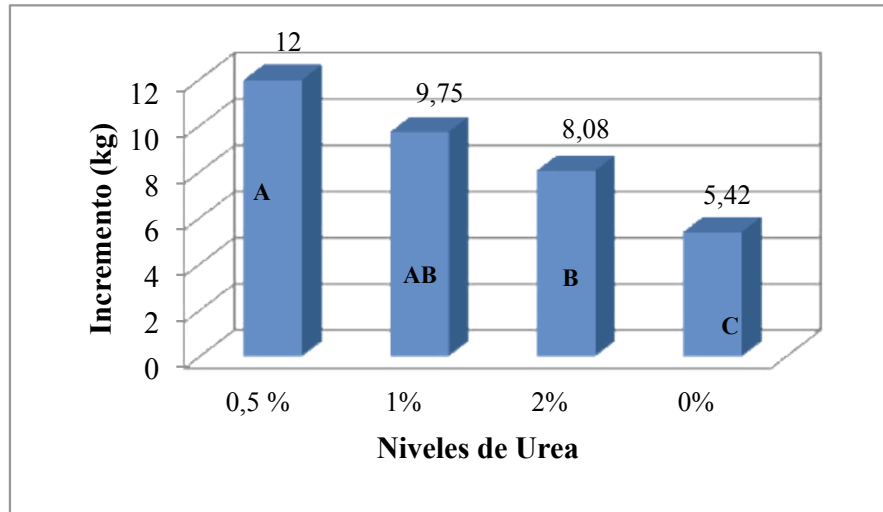


Figura 3. Ganancia de peso vivo a los 90 días

De acuerdo a la prueba del rango múltiple de Duncan ($\alpha=0,05$), para la variable ganancia de peso vivo en 90 días (figura 3) se observa que los tratamientos $T_{0,5}$ y T_1 de 12,00 y 9,75 kg muestran mayor ganancia de peso y no muestran diferencia estadística significativa, seguida por los tratamientos T_1 y T_2 con 9,75 y 8,08 kg, que tampoco muestran diferencia significativa. Finalmente, el T_0 es el que tiene menos ganancia, reportando 5,42 Kg y estadísticamente es diferente a los demás tratamientos. Esta ganancia se debe a que los maltones enteros tienen mayor concentración de hormona de crecimiento o somatotropina por unidad de peso corporal, porque esta hormona promueve

todas las actividades de captación de aminoácidos y síntesis de proteína por las células, y reduce la degradación de estas, favoreciendo así un aumento de la masa muscular y de otros tejidos corporales.

Consumo promedio de MS/llama

En la figura 4 de influencia de los consumos de urea de 0,5 % ($T_{0,5}$) y 1% (T_1), ambos de 1,89 % de MS/cab/día, se manifiestan las mayores ganancias promedio de 12 y 9,75 kg de peso vivo en 90 días. Los porcentajes de consumo y ganancia de peso vivo en 90 días son superiores a los encontrados por Ramírez (1999), en la

Estación Experimental de Patacamaya, al utilizar paja de pasto llorón (*Eragrostis curvula*) tratada con urea al 4% en la suplementación de ancu-

tas (semiestabulados) registró un rango de 1,21 a 1,64% y un incremento de peso vivo de 1,8 a 4,7 kg en 90 días.

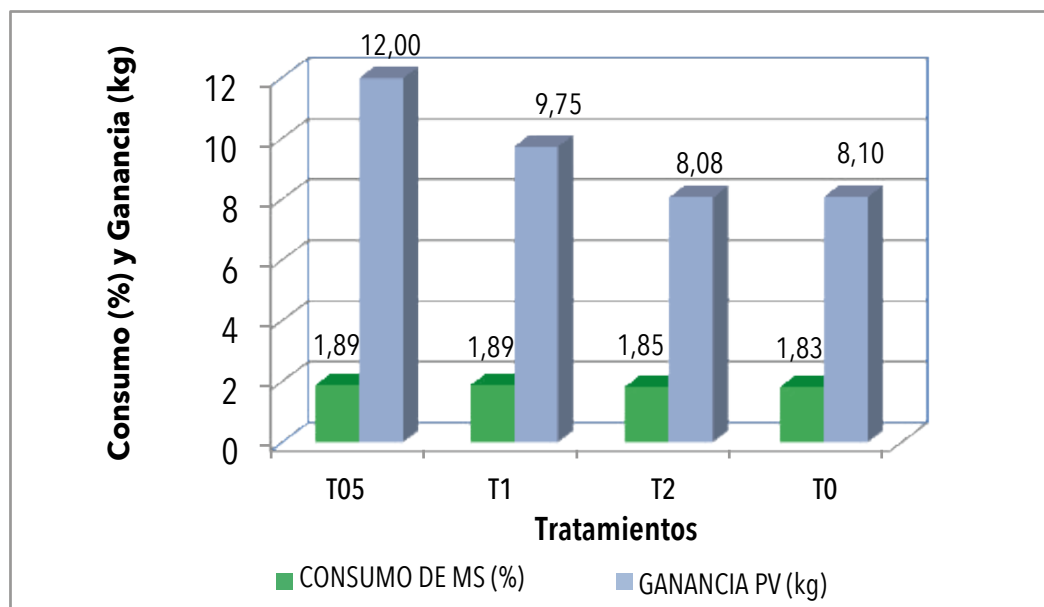


Figura 4. Influencia del consumo promedio de MS/llama sobre la ganancia de PV en 90 días.

Regresión y correlación múltiple de las variables; peso vivo (Y), altura cruz (X_1) y perímetro torácico (X_2)

Cuadro 2. Análisis de varianza para la significancia del modelo de regresión lineal múltiple

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F0	p - Valor
Regresión	2	812,047	406,024	70,79	0
Error o residuo	21	120,442	5,735		
Total	23	932,49	40,543		

$r_{Y,12} = 0,94$ $r^2_{Y,12} = 88,40\%$ $S_{y,12} = 2,21$ kg.

En el cuadro 2 de análisis de varianza de las variables; peso vivo (Y), altura cruz (X_1) y perímetro torácico (X_2) nos muestra un efecto estadístico altamente significativo porque p-valor es inferior a 0,01, para un nivel de confianza de 99%.

El valor de $r = 0,94$ se califica como coeficiente de correlación muy alto (Calzada, 1974), mientras que el coeficiente de determinación r^2 nos indica que el 88,40% de la variación de Y (peso vivo) está explicado por las variaciones de altura cruz (X_1) y el perímetro torácico (X_2), con un error típico de estima $S_{y,12}$ a 2,21 kg.

Cuadro 3. Análisis de regresión para el modelo $Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2$

Parámetro	Estimación	Error estándar	Estadístico	p-Valor
Constante	- 86,7224	13,4217	-6,46136	0,0000
X1 (Altura cruz)	0,992055	0,203302	4,87971	0,0001
X2 (Perímetro torácico)	0,602152	0,263035	2,28925	0,0325

En el cuadro 3, de análisis de varianza, se puede ver que la regresión lineal múltiple de las variables peso vivo (Y), altura cruz (X_1) y perímetro torácico (X_2) presenta una diferencia estadística altamente significativa porque p- valor es inferior a 0,01 a un nivel de confianza de 99%.

En el cuadro 3 se puede observar los resultados del ajuste a un modelo de regresión lineal múltiple para describir la relación entre Y (peso vivo) y las dos variables independientes: altura cruz (X_1) y perímetro torácico (X_2). La ecuación del modelo es: $Y = -86,7224 + 0,992055X_1 + 0,602152X_2$. Este resultado significa que si la altura cruz y perímetro torácico aumenta en 1 cm el peso vivo aumentará en $0,992055 + 0,602152$ kg. Por lo tanto, la medida de altura cruz que tiene el coeficiente más alto (0,992055) es el indicador principal que tiene mayor efecto por unidad en el peso vivo (Calzada, 1974). En el mismo cuadro también se observa que el valor de p- valor más alto en las variables independientes es 0,0325 perteneciente a X_2 , puesto que el p-valor es inferior a 0,05 ($P < 0,05$), ese término es estadísticamente significativo para un nivel de confianza de 95%.

Conclusiones

Sobre la base de los resultados obtenidos y bajo las condiciones en las que se realizó el presente trabajo de investigación se establece las siguientes conclusiones:

Se concluye que con 0,5% de urea y melaza en dilución con agua en una proporción de 1:9:4 se encontró valores superiores y que estadísticamente son diferentes a los demás tratamientos en 90 días de las siguientes variables de respuestas: peso vivo al final del estudio 58,25 kg, ganancia de peso vivo 12,00 kg, incremento de peso vivo 133,50 g/días/cab, perímetro torácico 87,89 cm, peso canal 30,00 kg, consumo de materia seca, 1,02 kg M.S./día/cab, consumo de materia seca 1,89%, consumo de materia seca 6,13kg MS/tratamiento.

El ajuste a un modelo de regresión lineal múltiple para describir la relación entre la variable dependiente y (peso vivo) y las dos variables independientes; altura cruz (X_1) y perímetro torácico (X_2) es: $Y = -86,7224 + 0,992055X_1 + 0,602152X_2$. Mientras que los resultados del ajuste a un modelo de regresión lineal múltiple para describir la relación entre y (peso vivo) y las dos variables independientes; altura cruz (X_1) y perímetro torácico (X_2) es: $Y = -86,7224 + 0,992055X_1 + 0,602152X_2$.

Referencias citadas

- Calzada, B.A. 1974. Métodos estadísticos para la investigación. 3ra edición. Ed. Sector. Lima, Perú. 493p.
- Gutiérrez P.H. y de la Vara S.R. 2003. Análisis y diseño de experimentos. 1ra. Edición. Ed. McGraw- Hill/Interamericana Editores S.A. de C.V. México, pp 440 al 455.
- Ramírez, C.C. 1999. Evaluación de pajas tratadas con urea en la suplementación de llamas (*Lama glama*) durante la época seca. Tesis grado. Facultad de Ciencias Agrícolas Pecuarias y Veterinarias. Universidad Técnica de Oruro. 102p.
- Reyes, C.P. 1980. Diseños experimentales aplicados. 2da ed. Ed. Trillas. México. pp 27 al 338.
- UNEPCA, 2000. Camélidos. El sector de los camélidos en Bolivia. MAGDER. CAF. FIDA. Oruro, Bolivia.

Efecto de dos fertilizantes potásicos en la producción de semilla de tomate cv. Río Grande

Ramiro Mamani y Ever Machaca*

Centro Nacional de Producción de Semillas de Hortalizas (CNPSH)

Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal

*email: ever.machaca@iniaf.gob.bo

Resumen

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la respuesta de la variedad de tomate Río Grande a los fertilizantes cloruro de potasio y sulfato de potasio para la producción de semilla. El ensayo se implementó en un invernadero del Centro Nacional de Producción de Semillas de Hortalizas (CNPSH), ubicado en Sipe Sipe, Cochabamba, durante el ciclo primavera-verano del año 2014. Se probaron cuatro dosis de potasio (K_2O) en cada fertilizante contra un testigo (sin aplicación de potasio). Los dos fertilizantes utilizados incrementaron significativamente los pesos de fruto, los rendimientos de frutos y los rendimientos de semilla. La dosis de 180 kg/ha de K_2O fue la que obtuvo los mejores resultados de peso de fruto y de rendimiento de frutos de tomate. En cuanto a la producción de semilla en tomate, la dosis de 160 kg/ha de K_2O fue la más eficiente, al presentar los mismos resultados que las dosis más altas.

Palabras clave: Potasio, tomate, rendimiento, producción de semilla.

Abstract

The aim of this study was to evaluate the response of the Río Grande tomato variety to the fertilizers: potassium chloride and potassium sulfate, for seed production. The trial was implemented in a greenhouse of the National Center of Vegetable Seed Production (Sipe Sipe, Cochabamba), during the spring-summer 2014. Four doses of potassium (K_2O) were tested in each fertilizer against a control (without potassium application). The two fertilizers used significantly increased fruit weight, fruit yields and seed yields. The dose of 180 kg/ha of K_2O was the one that performed the best results in fruit weight and yield of tomato fruits. The dose of 160 kg / ha K_2O was the most efficient in seed production in tomato, presenting the same results as higher doses.

Keywords: Potassium, tomato, yield, seed production.

Introducción

La fertilización y el desarrollo de variedades cada vez más rendidoras han sido las dos vías que han causado mayor impacto en el aumento de la producción de la mayoría de los cultivos en todo el mundo (Solórzano, 2001).

Las hortalizas, como la mayoría de los cultivos, necesitan de una adecuada nutrición mineral que pueda garantizar la expresión genética de las diferentes especies o variedades. Una nutrición inadecuada o desproporcionada influye desfavorablemente sobre los rendimientos y sobre la calidad de la cosecha, en algunos casos pueden producir retrasos indeseables en el ciclo productivo.

En tomate no existen suficientes estudios en fertilización con potasio para la producción de semilla. Argerich y Gaviola (1995) indican que es difícil observar la respuesta a la fertilización potásica en la producción de semillas, y para no correr riesgos de deficiencias y disminuir la calidad de semilla se debe suplir los requerimientos para producir los frutos.

Raymond (2009) propone las siguientes cantidades (todo en kg/ha) para ser aplicadas en suelos de baja fertilidad relativa: N 75–100, P_2O_5 150–200 y K_2O 150–200.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la respuesta de la variedad de tomate Río Grande a dos fertilizantes potásicos para la producción de semilla.

Materiales y métodos

El ensayo se implementó en un invernadero del Centro Nacional de Producción de Semillas de Hortalizas, ubicado en Villa Montenegro, municipio de Sipe Sipe, en el departamento de Cochabamba, durante el ciclo primavera-verano del año 2014.

Se utilizó la variedad de tomate Río Grande porque es la más producida en Bolivia, esta variedad es de polinización abierta, de hábito de creci-

miento determinado, de forma de fruto perita y de rendimientos medianos (Mosquera y Jaramillo, 1991).

Se realizó el trasplante en macetas de 6,5 litros para tener un control estricto de la fertilización. El sustrato usado estuvo compuesto por tierra lama de río, cascarilla de arroz y tierra vegetal.

Después de la desinfección por vapor se realizó un análisis químico de los principales nutrientes en el sustrato, lo cual reveló que existía un bajo contenido de nitrógeno y potasio, pero alto de fósforo.

Para la fertilización base se utilizó urea para proveer de nitrógeno a todos los tratamientos en una concentración de 100 kg/ha, se hizo dos aplicaciones a las macetas, una al trasplante y otra a los 40 días después del trasplante.

Se utilizó 10 plantas por unidad experimental, la densidad usada fue de 0,6 m entre hileras y 0,5 m entre plantas. El ensayo contó con un total de 36 unidades experimentales en un área de 130 m².

El diseño experimental utilizado fue el completamente al azar (DCA) con un factor. Se estudió un total de nueve tratamientos con cuatro repeticiones.

Los tratamientos fueron: 4 dosis de cloruro de potasio (KCl), 4 dosis de sulfato de potasio (K_2SO_4) y un testigo (sin aplicación de potasio). Los tratamientos fueron aplicados antes del trasplante.

Las características de los tratamientos se presentan en el cuadro 1

Para determinar los efectos de las aplicaciones de potasio sobre la producción de semilla se evaluaron las siguientes variables: peso de fruto, rendimiento de fruto y rendimiento de semilla.

Los resultados fueron sometidos a ANDEVA y cuando se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ($P < 0,05$) se realizó la prueba de comparación múltiple de Duncan.

Cuadro 1. Concentración de elementos minerales en los fertilizantes empleados como tratamientos

Tratamiento	Dosis K ₂ O (kg/ha)	Fertilizante	Contenido de K ₂ O (%)	Cantidad de producto* (kg/ha)
T1	140	KCl	60	246
T2	160	KCl	60	281
T3	180	KCl	60	316
T4	200	KCl	60	351
T5	140	K ₂ SO ₄	30	491
T6	160	K ₂ SO ₄	30	561
T7	180	K ₂ SO ₄	30	632
T8	200	K ₂ SO ₄	30	702
T9	0	Testigo	-	-

*Cantidad ajustada con base en el contenido de K₂O y la pureza de los productos.

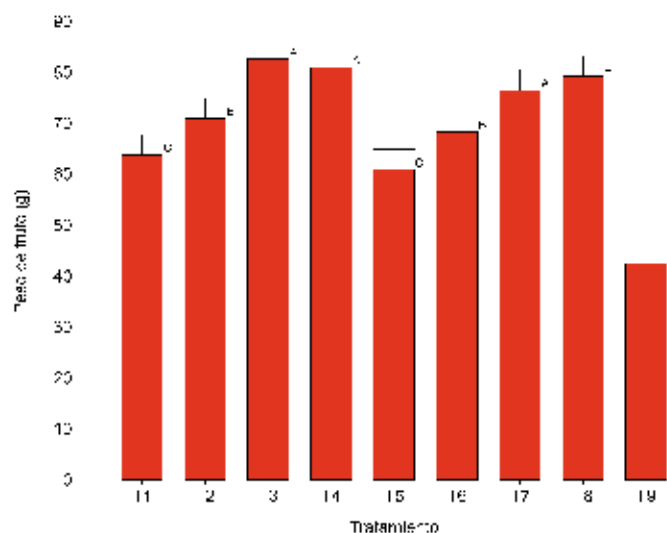
Resultados y discusión

En la figura 1 se presentan los pesos de fruto de los tratamientos. Como se puede apreciar el peso promedio de fruto aumentó significativamente ($P < 0,05$), lo que indica que el potasio es un factor determinante en el tamaño. Esto coincide con Jaramillo *et al.* (2012), quienes señalan que el potasio contribuye con la maduración y el llenado de los frutos.

Las dosis de 180 kg/ha de K₂O (T3 y T7) y 200 kg/ha de K₂O (T4 y T8) en ambos fertilizantes

obtuvieron los mayores pesos de frutos, con un promedio de 79,9 g. De este resultado se puede inferir que un aumento en las dosis por encima a los 200 kg/ha de K₂O no tendría efectos significativos en el peso del fruto, más al contrario podría llevar a un exceso de este elemento en la planta.

El peso de fruto en el tratamiento testigo es el más bajo del ensayo con un promedio de 42,7 g. Esto nos indica que la falta de potasio no permitió un normal desarrollo de los frutos, siendo estos pequeños y de mala calidad.


Figura 1. Medias de peso de fruto para fertilización potásica en tomate, 2014

En cuanto a la variable rendimiento de frutos (figura 2), los resultados son similares a los de la variable peso de fruto, esto era de esperarse ya que ambas variables están altamente correlacionadas (Choque, 2014).

La media de los tratamientos más rendidores

(T3, T4, T7 y T8) fue de 43,6 t/ha. Estos resultados concuerdan con OMAFRA (2001) quienes indican que los requerimientos nutricionales en tomate para una producción de 40 a 50 t/ha son de 100 a 150 kg/ha de nitrógeno (N), de 20 a 40 kg/ha de fósforo (P_2O_5) y de 150 a 300 kg/ha de potasio (K_2O).

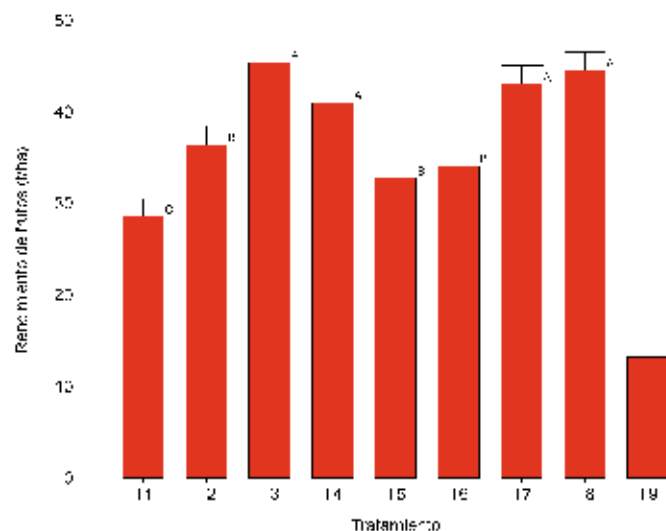


Figura 2. Medias de rendimiento de frutos para fertilización potásica en tomate, 2014

En la figura 3 se presentan los resultados para la variable rendimiento de semilla. El cloruro de potasio (KCl) y sulfato de potasio (K_2SO_4) incrementaron significativamente ($P < 0,05$) los rendimientos de semilla respecto al testigo. Con respecto a las anteriores variables, el efecto de las dosis es menor, pues el grupo A está formado por tres de las cuatro dosis probadas, la media de este grupo es de 92,4 kg/ha.

Vallejo (1999) afirma que el rendimiento de semillas por unidad de área depende de muchos factores tales como variedad, tipo de planta (determinada o indeterminada), número de frutos por planta, tamaño del fruto y ambiente.

La productividad media de semilla en los Estados Unidos es de 250 a 400 kg/ha (Raymond, 2009). En primera instancia los resultados del ensayo parecerían ser muy bajos, pero conoci-

das las características de la variedad y también que el rendimiento de semillas está en función directa al rendimiento de frutos este puede ser considerado como bueno.

Lo anterior puede ser corroborado por Argerich y Gaviola (1995), que indican que el rendimiento de semilla en tomate oscila entre 2 a 3,5 kg por cada mil kilos de fruto. La relación de semilla por cada mil kilos de fruto en el grupo de tratamientos de mayor productividad en el ensayo fue de 2,1 kg; este valor se encuentra dentro del rango señalado anteriormente.

La diferencia entre el promedio del testigo y la dosis de fertilizante con el más bajo promedio (T1) es de 51 kg/ha. Esto nos muestra que el potasio también es muy importante para la producción de semilla, recomendándose la dosis de 160 kg/ha de K_2O como la mejor por su menor costo.

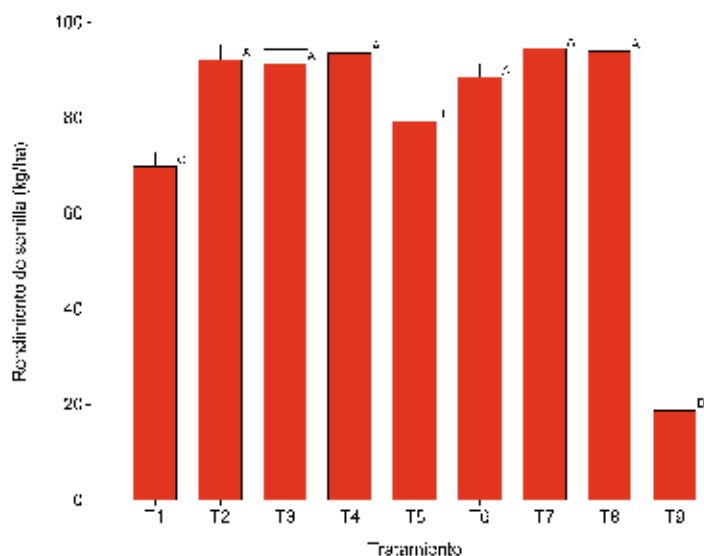


Figura 3. Medias de rendimiento de semilla para fertilización potásica en tomate, 2014

Tanto el cloruro de potasio como el sulfato de potasio presentaron resultados semejantes para las tres variables, esto se debe a que ambos ofrecían las mismas dosis de K_2O ; de esto se puede concluir que el efecto del contenido de azufre en el sulfato de potasio no tuvo incidencia en los resultados del ensayo, posiblemente porque el azufre se encontraba disponible de manera suficiente en el sustrato utilizado.

Si bien ambos productos fueron efectivos, se debe tomar en cuenta que se necesitó el doble de la cantidad de sulfato de potasio para igualar el contenido de K_2O del cloruro de potasio (cuadro 1), a lo anterior debe sumarse que por lo general el precio del sulfato de potasio es mayor en promedio al cloruro de potasio en un 25% (SNIIM, 2015).

Agregando el criterio económico para la comparación entre los dos fertilizantes, el cloruro de potasio fue el más eficiente. Este resultado es válido para este ensayo en particular, si se quiere elegir entre los dos fertilizantes se debe tomar en consideración otros puntos, como una posible acumulación de cloro en el suelo.

Holwerda (2006) señala que el exceso de cloro

en el suelo puede conducir a la salinización de la región radicular, competencia en la absorción con otros aniones (NO_3^- , $H_2PO_4^-$, SO_4^{2-}) y una vida poscosecha de los frutos más corta.

Conclusiones

De los resultados obtenidos bajo las condiciones en que se realizó la presente investigación se llegó a las siguientes conclusiones:

Los dos fertilizantes utilizados (cloruro de potasio y sulfato de potasio) incrementaron significativamente los pesos de fruto, los rendimientos de frutos y los rendimientos de semilla.

La dosis de 180 kg/ha de K_2O fue la que obtuvo los mejores resultados de peso de fruto y de rendimiento de frutos de tomate.

En cuanto a la producción de semilla en tomate la dosis de 160 kg/ha de K_2O fue la más eficiente, al presentar los mismos resultados que dosis más altas.

Se recomienda hacer más estudios del efecto del potasio sobre la calidad de frutos y la calidad de semilla en tomate.

Referencias citadas

- Argerich, C.A. y Gaviola, J.C. 1995. Producción de semilla de tomate. Mendoza: INTA-EEA La Consulta. 81 pp.
- Choque, E. 2014. Caracterización y evaluación química de fruto en germoplasma nativo e introducido de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) del Banco de Germoplasma del INIAF. Tesis de Maestría. Universidad Mayor de San Simón. 115 pp.
- Holwerda, H. 2006. Guía de manejo de nutrición vegetal de especialidad: Tomate. Sociedad Química y Minera de Chile S.A. 84 pp.
- Jaramillo, J., Sánchez, G., Rodríguez, V., Aguilar, P., Gil, L., Hío, J., Pinzón, L., García M., Quevedo, D., Zapata, M., Restrepo, J. y Guzmán, M. 2012. Tecnología para el cultivo de tomate bajo condiciones protegidas. Bogotá: Corpoica. 482 pp.
- Mosquera, C. y Jaramillo, J. 1991. Producción de semilla en 3 tipos de tomate *L. esculentum* en condiciones del valle geográfico del río Cauca. Acta Agronómica (Colombia). 1991. v. 41 (1-4) p. 46-59.
- OMAFRA. 2001. Growing Greenhouse Vegetables. Publication 371. Ontario Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, Toronto, Canadá, 116 pp.
- Raymond, A.T. 2009. Vegetable Seed Production. 3rd edition. CAB International, Oxford UK. 320 pp.
- SNIIM. 2015. Reporte quincenal de precios de fertilizantes (en línea). Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados. México. Disponible en <http://www.sagarpa.gob.mx/agricultura/Precios/Paginas/default.aspx>.
- Solórzano, P.R. 2001. Manual para la fertilización de cultivos en Venezuela. Agroisleña C.A. Cagua. 216 pp.
- Vallejo, F. 1999. Mejoramiento genético y producción de tomate en Colombia. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. 220 pp.

Tratamiento físico de dos variedades de trigo utilizadas como sustrato para la cría de *Sitotroga cerealella* Olivier (Lepidoptera: Gelechiidae). I. Efecto sobre sus atributos biológicos¹

Otondo Maldonado, A.¹; Carrizo, P.I.²; Viscarret, M.M.³

¹Tesista Magister UNSAM, ²Zoología Agrícola, FAUBA; ³ILB, INTA Castellar

e-mail: alvaro_otondo@yahoo.com

Resumen

Los huevos de *Sitotroga cerealella* son utilizados como insumo para la cría de numerosos enemigos naturales. En este estudio se evaluó la influencia del tratamiento físico de variedades de trigo sobre los atributos biológicos de *S. cerealella*. Dos variedades de trigo ("pan" y "candeal") y una mezcla de ambas en una proporción 1:1, previamente humedecido, fueron sometidos a 100°C durante 0, 1, 2, 4 y 6 horas, (n=5) e infestados posteriormente con huevos de *S. cerealella*. Se determinaron: el porcentaje de infestación (granos con larvas/granos totales), la proporción sexual (hembras/(hembras+machos)) y la fecundidad (huevos/hembra) para cada tratamiento. Se analizaron los resultados mediante ANOVA de 2 vías (variedad y tiempo) y comparación de medias utilizando INFOTEST. La variedad y el tiempo de estufa influyeron significativamente en las variables evaluadas. La infestación más alta se obtuvo en la variedad "candeal", a partir de las 2 horas de estufa. La variedad no tuvo influencia significativa en la tasa sexual de los adultos emergidos, aunque la tendencia indica una mayor proporción de hembras obtenidas para las 2 horas de estufa. La fecundidad de las hembras fue significativamente mayor para la variedad "candeal" y la "mezcla" respecto de la variedad "pan", y también para las 2 horas de tratamiento térmico. Se concluye que la mejor combinación de variables, se obtiene empleando la variedad "candeal", sometida a 2 horas de estufa a 100°C.

Palabras clave: Cría, *Sitotroga cerealella*, atributos biológicos

Abstract

Sitotroga cerealella eggs are used as input for the breeding of numerous natural enemies. In this study the influence of the physical treatment of wheat varieties on the biological attributes of *S. cerealella* was evaluated. Two varieties of wheat ("pan" and "candeal") and a mixture thereof in a ratio 1: 1, moistened, were subjected at 100°C for 0, 1, 2, 4 and 6 hours (n = 5) and then infested with eggs of *S. cerealella*. Were determined: the percent of infestation (larvae grains/total grains), the sex ratio (female/(females+males)) and fecundity (eggs/female) for each treatment. The results were analyzed by 2-way ANOVA (range and time) and comparison of means using INFOTEST. The variety and stove time significantly influenced the assessed variables. The highest infestation was obtained in the range "candeal", from from 2 hours stove. The variety had no significant influence on the sex ratio of emerged adults, although the trend indicates a greater proportion of females obtained for 2 hours stove. The fecundity of females was significantly higher for the variety "candeal" and "mixed" variety regarding the "pan" and also for the 2 hours of heat treatment. We conclude that the best combination of variables, is obtained using the variety "candeal", subject to 2 hours of 100°C stove.

Keywords: Breeding, *Sitotroga cerealella*, Biological Attributes

1. Proyecto UBACyT (2011-2014) - FAUBA.

Introducción

Cuando con el objetivo de controlar una plaga se utilizan poblaciones de enemigos naturales para reducir su población a densidades menores a las existentes, el método se conoce como control biológico (Van Driesche *et al.*, 2007). Este control es ventajoso ya que funciona de forma sostenible sin ocasionar deterioro ambiental. Algunas estrategias de control biológico requieren grandes cantidades de agentes de control lo cual depende de la efectividad y calidad de las crías (Nordlund, 1998) por lo que es necesario estandarizar los protocolos destinados a la mantención de estos en forma artificial, es decir en condiciones estándares de laboratorio. Esto también hace posible obtener altos números de individuos para su estudio, respecto de la relación de la plaga con el enemigo natural (Zúñiga y Gerding, 2002).

Según van Lenteren (2003) el aumento en el uso del control biológico dio paso a la producción, introducción periódica y comercialización de enemigos naturales. Por este motivo, fue necesario aplicar estrictos controles de calidad (monitoreo de parámetros como la temperatura, humedad y nutrición, entre otros) en la producción de insectos para evitar la obtención de enemigos naturales de baja calidad lo cual resulta en fallos en el control biológico de la plaga. Los esfuerzos en la optimización de la cría de *S. cerealella* se dirigen al control de las condiciones en las que se desarrollan las polillas así como a la calidad del grano de trigo que se utiliza como sustrato para su desarrollo.

La producción de *Sitotroga* es fundamental para la reproducción masiva de biocontroladores, ya que este es el huésped con la cual se produce masivamente el biocontrolador, para después liberado en el campo (Gómez *et al.*, 2006). Anteriormente se utilizaban sistemas de cría basados en la utilización de huevos de otros insectos. Sin embargo la mantención de estos pies de cría para la obtención de huevos resultaba muy costosa, demandaba mucho tiempo y requería de

material vegetal fresco o elaboración de costosas dietas artificiales (Hassan, 1994).

Los esfuerzos en la optimización de la cría de *S. cerealella* se dirigen al control de las condiciones en las que se desarrollan las polillas así como a la calidad del grano de trigo que se utilice como sustrato para su desarrollo. Van Lenteren (2003) señala que las características biológicas y tecnológicas asociadas a la cría de especies del género *Trichogramma* dependen del estadio fisiológico y la nutrición de las polillas de *S. cerealella* (el hospedante alternativo) utilizadas para la obtención de los huevos para la cría.

De acuerdo a lo anteriormente mencionado, es de fundamental importancia llevar a cabo estudios sobre los parámetros que determinan la calidad de las crías masivas de insectos hospederos de enemigos naturales. El objetivo de esta investigación fue determinar la influencia del tratamiento físico, exposición al calor húmedo en dosis crecientes, a dos variedades de trigo y una mezcla de ambas, sobre los atributos biológicos de la polilla de los cereales, *Sitotroga cerealella* bajo condiciones de laboratorio.

Materiales y métodos

La investigación se llevó a cabo en el Laboratorio de Zoología, Cátedra de Zoología Agrícola, Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires (FAUBA) entre los meses de mayo a agosto del año 2011.

Los huevos de *S. cerealella* fueron provistos de la cría establecida por Botto (1991) a partir de ejemplares de la provincia de Buenos Aires (Argentina) que ha sido renovada por medio de individuos obtenidos localmente (Castelar, BsAs), cría que es mantenida en el Insectario de Investigaciones para Lucha Biológica (IMYZA-CNIA-INTA Castelar).

Los ensayos fueron realizados, en laboratorio, bajo las siguientes condiciones: T (media $\pm$ ee) de 25,57 $\pm$ 4,26°C, H.R. (media $\pm$ ee) de 50,95 $\pm$ 9,35%

y fotoperiodo de 12 horas. Las T desarrolladas dentro y fuera de la cámara (unidad) de cría en las dos variedades y la mezcla de trigo se muestran en el cuadro 1.

Cuadro 1. Temperatura desarrollada dentro y fuera de los recipientes o módulos de cría y en la cámara de cría durante el ciclo de desarrollo de *Sitotroga cerealella* (°C).

	T. actual (media±e.e)	T. máx	T. mín
Módulos de cría	25,57±4,26	35,70	15,10
Cámara de cría	21,97±3,12	29,80	14,40

Como sustrato para la cría de *S. cerealella* se evaluaron las variedades de trigo pan, candeal y la mezcla de ambas en una proporción de 50% cada una. Utilizando una balanza, se pesaron 0,5 kg de trigo por tratamiento para cada variedad y la mezcla, colocándolas en recipientes (budineras) de aluminio sobre paños de tela (30x35cm) previamente humedecidos.

Seguidamente se realizó un tratamiento de humedad, por el cual cada tratamiento fue humedecido añadiendo 90 ml de agua sin tratar por cada 0,5 kg de trigo y estos recipientes se dejaron en reposo por 24 horas.

Al cabo de las 24 horas del tratamiento de humedad, se realizó un tratamiento con calor, por lo que se tomaron los recipientes (budineras) con trigo de cada variedad y la mezcla, sobre bandejas metálicas de 41 cm x 31 cm de área x 4 cm de alto fueron sometidas a estufa precalentada a 100°C., por 1, 2, 4 y 6 horas; luego el trigo se dejó enfriar a temperatura ambiente por 48 horas.

En el cuadro 2, a continuación, se detalla la denominación de los tratamientos, los cuales fueron (5x3) 15 en total (los testigos y las cinco réplicas por tratamiento de horas de estufa).

Cuadro 2. Denominación de los tratamientos

Horas de estufa	Pan	Mezcla	Candeal
0 (testigo)	0P	0M	0C
1	1P	1M	1C
2	2P	2M	2C
4	4P	4M	4C
6	6P	6M	6C

Transcurrido el tiempo de reposo y enfriamiento, a temperatura ambiente, se colocaron los 0,5 kg de trigo por cada réplica en recipientes armados *ad hoc*. Se realizaron 5 réplicas para cada variedad de trigo y la mezcla de ambas. Estas consistieron en recipientes transparentes de 4 l. de volumen, de 15 cm de diámetro en la base y 20 cm de alto. A cada recipiente se le colocó una tapa con una abertura en la parte central sellada con una malla plástica.

Una vez el trigo en cada unidad experimental, fue infestado con huevos de la polilla, tomando una mezcla de huevos procedentes de la cría de *S. cerealella* del Insectario de Investigaciones para Lucha Biológica. Cada unidad se infestó utilizando una relación de 1 cm³ de huevos/0,5 kg de trigo tratado (figura 2).



Figura 1. Variedad Pan de trigo infestada con huevos de *Sitotroga cerealella*

Luego de la emergencia de los adultos provenientes de la infestación, estos fueron trasladados a recipientes vacíos (cámaras de ovipostura) similares a los de la cría experimental pero de dimensiones reducidas: de 12 cm de base por 8 cm de alto.

a. Porcentaje de infestación de *Sitotroga cerealella* para cada tratamiento (variedad trigo / horas estufa)

Transcurridas 96 horas de la siembra, se tomaron muestras de 60 granos por réplica, para la determinación del porcentaje de infestación de cada tratamiento.

Los granos se colocaron en una solución 50:50 de alcohol - agua por 24 horas para facilitar el recuento.

Los granos fueron disectados y se registró la cantidad de granos con presencia de larvas, para obtener el porcentaje de infestación como:

$$\% \text{ de infestación} = \left(\frac{\text{Nº de granos con larvas}}{60 \text{ granos de muestra}} \right) \times 100$$

La variable fue analizada mediante ANOVA de dos vías (ejes de análisis: variedad y tiempo) y comparación de las medias mediante un test de Tukey ($\alpha=0,05$). Para el análisis de los datos se utilizó el programa estadístico InfoStat (2011).

b. Porcentaje de emergencia de adultos de *Sitotroga cerealella* y proporción sexual de la F1 para cada tratamiento (variedad trigo/horas estufa)

Para registrar esta variable se tomaron 60 granos de trigo de cada réplica por tratamiento, hacia el final del ciclo (mayor presencia de pupas). Para cada muestra se registró el número de adultos emergidos. De esta manera el porcentaje de emergencia se estimó como:

$$\% \text{ de emergencia} = \left(\frac{\text{Nº de individuos emergidos}}{\text{Nº de granos infestados}} \right) \times 100$$

El sexo de los adultos encontrados por cada réplica fue registrado y se determinó la proporción de hembras como:

$$\text{Proporción de hembras} = \frac{\text{Nº de hembras}}{\text{Nº de hembras} + \text{Nº de machos}} \times 100$$

Los datos se analizaron mediante un análisis de varianza (ANOVA) de dos vías (variedad y tratamiento de estufa) y prueba de Tukey. Para el análisis de los datos se utilizó el programa estadístico InfoStat (2011).

c. Fecundidad sobre una muestra de adultos obtenidos a partir de cada tratamiento (variedad trigo/horas estufa)

Una muestra de aproximadamente 150 - 200 adultos de la F1 por réplica por tratamiento se colocó en envases plásticos (cámaras de ovipostura). Al cabo de una semana en cámara, se separaron los huevos obtenidos en cada réplica y se midió el volumen de cada muestra, con una microgeringa graduada (figura 4). A partir de estos valores se estimó la fecundidad media como:

$$\text{Fecundidad media} = \frac{\text{Volumen (cm3) de huevos}}{\text{Nº de hembras}}$$

Que luego fue expresada como fecundidad diaria para 100 hembras y analizada mediante ANOVA de dos vías (variedad x tratamiento de estufa) y prueba de Tukey. Para el análisis de los datos se utilizó el programa estadístico InfoStat (2011).



Figura 2. Medición del volumen de huevos obtenidos por réplica y por tratamiento.

Resultados y discusión

Porcentaje de infestación de *Sitotroga cerealella* para cada tratamiento

Tanto la variedad como el tiempo de estufa influyeron significativamente en las variables medidas. La infestación más alta se obtuvo en la variedad “candeal”, a partir de las 2 horas de estufa (figura 3 y 4), sin obtener mejoras por el incremento del tiempo de tratamiento.

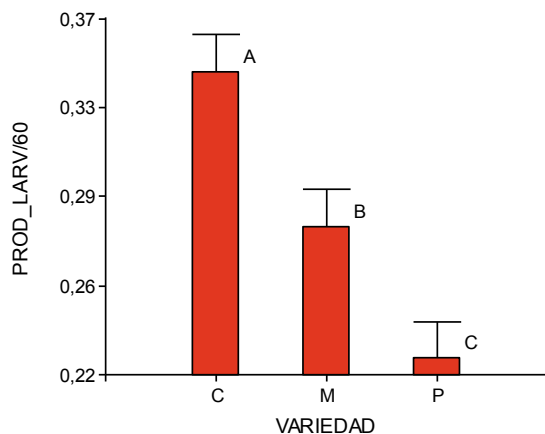


Figura 3. Infestación de Granos de la Muestra (%), según variedad

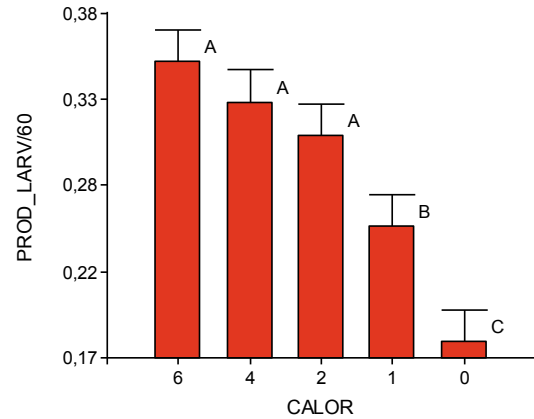


Figura 4. Infestación de granos de la muestra (%), según horas estufa

Porcentaje de emergencia de adultos de *Sitotroga cerealella* y proporción sexual de la F1 para cada tratamiento

La variedad no tuvo influencia significativa en la tasa sexual de los adultos emergidos (figura 5), aunque la tendencia indica una mayor proporción de hembras obtenidas para las 2 horas de estufa (figura 6).

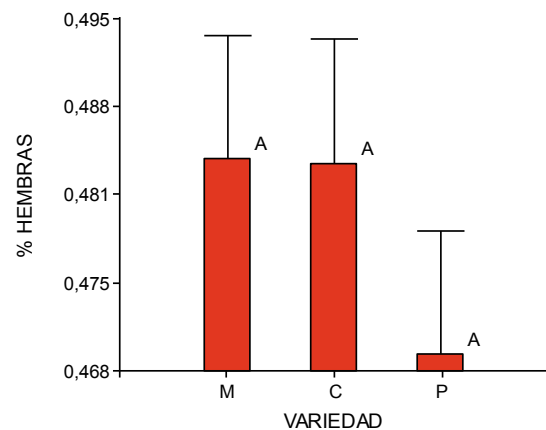


Figura 5. Tasa sexual de adultos emergidos (%), según variedad

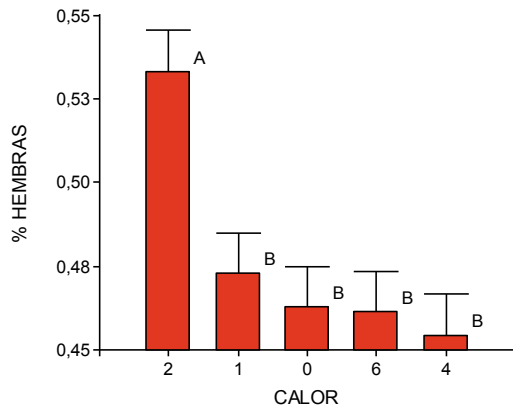


Figura 6. Tasa sexual de adultos emergidos (%), según horas estufa

Fecundidad sobre una muestra de adultos obtenidos a partir de cada tratamiento

La fecundidad de las hembras obtenidas fue significativamente mayor para la variedad “candeal” y la “mezcla” respecto de la variedad “pan” (figura 7), y también para las dos horas de tratamiento térmico (figura 8).

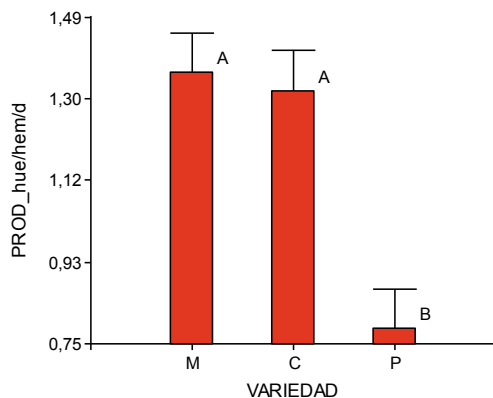


Figura 7. Fecundidad por hembra (n° huevos/hembra/semana)

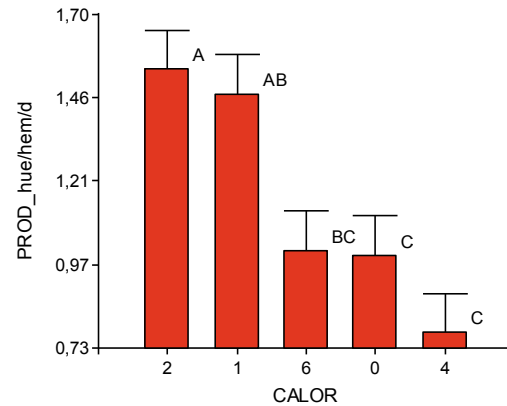


Figura 8. Fecundidad por hembra (n° huevos/hembra/día)

Discusión

Porcentaje de infestación de *Sitotroga cerealella* para cada tratamiento

Quintana (1997) encontró que el porcentaje de infestación de granos de trigo (sin mencionar la variedad) por larvas de *S. cerealella* es de 79,5%. No obstante, Pérez y Pacheco (2002) obtuvieron dentro de sus parámetros de producción (sustrato: trigo, 26-30°C, 70-80% HR) que el porcentaje de infestación puede ser de 97,6%. Méndez (2010) obtuvo diferencias significativas entre tres variedades de trigo (pan, candeal y klein). La variedad de trigo pan presentó la supervivencia (porcentaje de emergencia) de individuos más alta ($89,09 \pm 3,13$), en relación con las variedades candeal ($72,25 \pm 4,80$) y klein ($56,60 \pm 3,73$).

En el presente trabajo, el mayor porcentaje de infestación se obtuvo para las variedad candeal, tratadas con 2, 4 y 6 horas estufa ($23,4 \pm 2,4\%$), ($20,4 \pm 3,2\%$) y ($28,4 \pm 3,6\%$), respectivamente. El mayor tiempo de exposición a temperatura, probablemente es la cualidad que facilitó la penetración del grano por parte de la larva. Pérez y Pacheco (2002) señalan que la dureza del grano puede influir en la cantidad y tamaño de los adultos que emerjan. El trigo pan, y los tratamientos de temperatura de 0 y 1 horas estufa presentaron los valor más bajos de infestación.

Porcentaje de emergencia de adultos de *Sitotroga cerealella* y proporción sexual de la F1 para cada tratamiento

Méndez (2010) obtuvo el valor más alto de emergencia de polillas, en trigo pan, asimismo los valores más altos en cuanto al contenido de proteínas y carbohidratos, y el segundo en cuanto al nivel de lípidos. En el caso del trigo candeal, también obtuvo adecuadas características nutricionales para ayudar a la larva a completar su desarrollo.

En el presente trabajo, en el caso del trigo pan tratado a 2 horas de estufa, se obtuvo el mayor porcentaje de emergencia de adultos en comparación con las otras variedades, lo cual se pudo deber a que su contenido nutritivo favoreció la metamorfosis de la polilla según las conclusiones acerca de la importancia del contenido lipídico y proteico citadas por Chippendale (1973).

En cuanto a la proporción sexual de los adultos, Chippendale (1973) en un estudio acerca de las reservas metabólicas de larvas y pupas de *S. cerealella* menciona que el almacenaje de lípidos es muy importante en las polillas ya que en la etapa adulta no se alimentan. Además los lípidos son utilizados en la diferenciación de adultos, en procesos de reproducción y vuelo. En los resultados aquí obtenidos, la variedad no tuvo influencia en la proporción de hembras, aunque existe una tendencia a una mayor proporción de hembras con el tratamiento de 2 horas estufa.

Fecundidad sobre una muestra de adultos obtenidos a partir de cada tratamiento

En su trabajo Méndez (2010) obtuvo promedios para la cantidad de huevos por hembra en tres posturas, de $4,88 \pm 0,14$ para trigo pan; $11,75 \pm 0,89$ para trigo candeal y $8,13 \pm 0,10$ para trigo klein.

En este estudio, se obtuvo un promedio de huevos/hembra/día de $1,32 \pm 0,21$ para trigo candeal; $0,78 \pm 0,06$ para trigo pan; y $1,37 \pm 0,15$ para la mezcla de ambos.

En general, para los tres tipos de trigo los valores de fecundidad son inferiores a los reportados en la literatura. Hansen *et al.*, 2004, obtuvo la mayor fecundidad de la polilla (124 huevos por hembra) a 20°C y 80% HR.

Además, se observaron diferencias significativas para la fecundidad entre tratamientos (horas estufa) obteniendo para el tratamiento térmico de 2 horas un valor de $1,54 \pm 0,29$ huevos/hembra/día, superior respecto de los otros tratamientos.

Conclusiones

Se concluye que la mejor combinación de variables para el grano previamente humedecido se obtiene empleando la variedad “candeal”, sometida a 2 horas de estufa a 100°C.

Referencias citadas

- Chippendale, M. 1973. Metabolic reserves of larvae and pupae of the Angoumois grain moth, *Sitotroga cerealella*. Insect Biochem, 3: 1-10.
- Hassan, S. 1994. Production of the Angoumois grain moth *Sitotroga cerealella* (Oliv.) as an alternative host for egg parasites.
- Mendes, L. 2010. Evaluación de tres variedades de trigo como sustrato para la cría de *Sitotroga cerealella* Olivier (Lepidoptera: Gelechiidae) y de los huevos obtenidos sobre las principales variables biológicas de *Trichogramma nerudai* Pintureau & Gerding (Hymenoptera: Trichogrammatidae) bajo condiciones de laboratorio.
- Nordlund, D. 1998. Capacity and Quality: keys to success in the mass rearing of biological control agents. Natural enemies of insects. 20 (4): 169-180.
- Pérez, O.; Pacheco, S. 2002. Determinación del ciclo biológico de *Sitotroga cerealella* Olivier hospedero facticio de *Trichogramma pretiosum* Riley, en la cría comercial del Centro de Investigación y Reproducción de Controladores Biológicos de la UNAN-León. Tesis para optar al grado de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Fitotecnía. Managua, Nicaragua. 48p.
- Quintana, R. 1997. Estudio de tres sistemas de producción de *Sitotroga cerealella* Olivier para obtener una producción óptima de *Trichogramma pretiosum* en laboratorio UNAN- León. Universidad Autónoma de Nicaragua UNAN- LEÓN. Departamento de control de plagas. León Nicaragua.
- Van Driesche, R.G.; Hoodle, M.S.; Center T.D. 2007. Control de Plagas y Malezas por Enemigos Naturales. Traducido por: Enrique Ruiz Cancino, Juanita Blanca Coronada, con ayuda de Juan Manuel Álvarez. Departamento de Agricultura, Estados Unidos. 751p.
- Van Lenteren J.C. 2003. Quality Control and Production of Biological Control Agents: theory and Testing Procedures. Editado por J.C. van Lenteren. Cambridge, Estados Unidos. 327p.
- Zúñiga, K.; Gerding, P. 2002. Efecto de la temperatura en la longevidad, reproducción y desarrollo de *Trichogramma nerudai* y *Trichogramma dendrolini* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Agricultura Técnica (Chile). 62 (3): 463- 468.

Evaluación de indicadores de calidad de suelo con cobertura vegetal nativa tipo t'olar de cinco comunidades del altiplano xerofítico

Genaro Condori Choque^{1*}

¹Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal, Departamental Oruro.

Dirección: Calle Santa Cruz N° 345. Oruro, Bolivia

*e-mail: gencond@hotmail.com

Resumen

A objeto de determinar indicadores de calidad de suelos con cobertura vegetal nativa del género *Parastrephia* en zonas del altiplano boliviano, se ha evaluado suelos de diferentes ecosistemas áridos en base al análisis físico-químico de suelos. El análisis estadístico ha sido realizado por el método multivariante de componentes principales y la clasificación de las muestras de suelo mediante el análisis de conglomerados jerárquico. Para el contraste entre tratamientos se utilizó un diseño de bloques completos al azar. Los resultados permiten establecer tres componentes que explican el 83.18% de la variabilidad total entre condiciones de suelo. El primer componente principal (CP1) y segundo componente principal (CP2) explican el 43.54% y 24.04% respectivamente de la variación total. Las correlaciones obtenidas entre las variables y factores muestran que la CP1, está definida por la capacidad de intercambio catiónico, pH, calcio, potasio conductividad eléctrica y sodio, el fósforo y contenido de arena contribuyen en sentido opuesto, en cambio la CP2 está definida por el magnesio, materia orgánica y nitrógeno total y de manera opuesta el nitrito. Las magnitudes de las variables que contribuyen CP1 y CP2 determinan la diferenciación entre suelos de ecosistemas de las zonas en estudio, por lo tanto son indicadores de calidad del suelo con cobertura de vegetación nativa tipo t'olar. La capacidad de intercambio catiónico y materia orgánica son los más indicados para definir la calidad de suelo sin embargo no son prácticos, por lo tanto el pH y CE se constituyen como los indicadores más relevantes para evaluar suelos del altiplano en condiciones de ambientes áridos y semiáridos.

Palabras claves: Indicador, Suelo, Cobertura vegetal, árido, pH, CE, Componente principal.

Abstract

In order to determine indicators of soil quality with native vegetation of the genus *Parastrephia* in areas of the Bolivian Altiplane were examined for soils of arid ecosystems based on physic-chemical analysis of soils. Statistical analysis has been done by the principal components multivariate method and the classification of the soil by means of hierarchical cluster analysis samples. The contrast between treatments was a randomized complete block design. The results allow establishing three components that explain the 83.18% of the variability in total between soil conditions. The first principal component (PC1) and second principal component (PC2) explain the 43.54% and 24.04% respectively of the total variation. The correlations obtained between the variables and factors show that the CP1, is defined by the capacity of cation exchange cationic, pH, calcium, potassium, electrical conductivity and sodium, the phosphorus and sand content contribute in the opposite direction, The CP2 is defined by magnesium, organic matter and total nitrogen and opposite way nitrite. The magnitudes of the variables that contribute PC1 and PC2 determine the differentiation between soils of ecosystems in the study areas, therefore are indicators of soil quality with coverage of native vegetation type t'olar. The capacity of cationic exchange and organic matter they are most indicated to define the quality of soil nevertheless they are not practical, Therefore the pH and EC are considered the most relevant indicators to evaluate soils of the altiplane in conditions of arid and semiarid environments.

Keywords: Indicator, Soil, Vegetation cover, pH, EC, Principal Component.

Introducción

Los ecosistemas del altiplano localizados en la Provincia biogeográfica Puneña xerofítica albergan especies con características adaptadas a condiciones de vida muy duras en las que la rigurosidad del clima actúa como un agente de selección natural para el desarrollo de las especies vegetal y animal, según Trivelpiece y Valdivia (2009), la Provincia biogeográfica Puneña se extiende, desde los 3.300 hasta los 4.300 m.s.n.m., ocupando una superficie del altiplano sur del Perú, Bolivia, norte de Chile y noroeste argentino. Presenta un clima frígido y seco, con escasa precipitación. En cuanto a la vegetación existe predominancia de arbustos de porte bajo, en las que se evidencia la presencia de distintas especies leñosas con resina, algunas cactáceas y muchas herbáceas.

La interacción entre la vegetación nativa, los diferentes organismos (fauna, microfauna) y los factores climáticos, influyen de manera directa en las características físico químicas del suelo, el cual se constituye como uno de los recursos más importantes para la vida en el planeta, pues es la base para las actividades agropecuarias y forestales. El desarrollo de la vegetación natural, la producción de alimentos, productos medicinales y otros servicios ecosistémicos como la regulación del clima y la formación de oxígeno, dependen del uso que se da a los suelos (Martin y Adad, 2006, citados por García 2012; FAO 2015).

Los suelos y la vegetación natural mantienen relaciones recíprocas por una interacción constante, ya que un suelo fértil que proporciona nutrientes favorece el crecimiento de las plantas, además el suelo funciona como un tanque de retención de agua y de sustrato para sus raíces. La vegetación a través de su follaje y biomasa aérea, ofrece cobertura y aporte de materia orgánica al suelo previniendo la degradación y desertificación de los mismos reduciendo la erosión hídrica y eólica (FAO 2015).

En este sentido un aspecto muy ligado al recurso suelo es su fertilidad, este concepto debe integrar atributos físicos, químicos y biológicos según Pieri (1989) y Etchevers (1999) citados por García *et al.* (2012). Asimismo la fertilidad está relacionada a la calidad, que en términos simples, es la capacidad que tiene el suelo para funcionar efectivamente tanto en el presente como en el futuro (Doran y Parkin, 1994; Larson y Pierce, 1994 citados por Campitelli 2010). La calidad del suelo puede ser medida a través de sus propiedades físicas, químicas y/o biológicas, lo cual hace que se las considere como indicadores perceptibles y cuantificables (Campitelli 2010; García *et al.* 2012).

La calidad de los suelos de las zonas del altiplano boliviano no han sido evaluadas desde el punto de vista de equilibrio y conservación, peor aún según Orsag (2009) existe una notable degradación por diferentes causas (extracción de la tóla y yareta, ampliación de la frontera agrícola), que implica el deterioro de los suelos, con una inminente disminución de la cobertura vegetal, debido al uso inadecuado sin prácticas de conservación de suelos frágiles. Sin embargo pese a este embate externo a los ecosistemas naturales existe una interacción positiva entre suelo y vegetación nativa del tipo tólar que ha sido considerada como estratégica para la conservación y recuperación de suelos, según Alzerreca *et al.* (2002) estas comunidades vegetales aportan materia orgánica y sirve como protector de la erosión hídrica y eólica, contribuyendo a mantener microclimas, al reducir la velocidad de los vientos, lo cual favorece al establecimiento y crecimiento de otras especies del estrato inferior y en casos extremos sirven como forraje complementario para el ganado camélido, y a la vez ofrecen protección para la fauna silvestre.

Los suelos de estos ecosistemas aún no perturbados por actividades antrópicas permanecen en una situación de equilibrio natural, motivo por el cual el presente estudio tiene por objeto

determinar los indicadores adecuados de calidad de suelo con cobertura vegetal tólar (género *Parastrephia*) de cuatro sectores del altiplano boliviano.

Materiales y métodos

Localización

El trabajo de investigación se ha realizado en

base a muestras de suelo de las Unidades Productivas de Conservación (UPC) de camélidos y pastos nativos que el Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF) a través de la Dirección Nacional de Investigación y la Unidad de Recursos Genéticos ha implementado en distintas regiones del altiplano de Bolivia. Las características climáticas y altitudes de las UPC's son detalladas en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Características climáticas y altitud de las zonas de recolección de muestras

Comunidad	Municipio y Departamento	Coordenadas		Altitud (m.s.n.m.)	Temperatura media (oC)	Precipitación media (mm)
		Latitud sur	Longitud oeste			
Challacollo	Llica – Potosí	19°46'14.02"	68°21'40.29"	3693	8.8*	135.9*
Sajama	Curahuara de Carangas - Oruro	18°08'41.51"	68°57'51.70"	4245	5.3*	331.9*
Quetena Grande	San Pablo de Lípez – Potosí	22°16'46.94"	67°21'49.79"	4249	5.8*	294.6*
Rosario	San Agustín – Potosí	21°34'35.79"	67°17'3.34"	3837	7.7*	170.9 *

* SENAMHI Est. Llica (1993-1998), Est. Sajama (1975-1985), Est. Sn Pablo de Lípez (2002 – 2013), Est. San Agustín (2003 – 2013).

Metodología

Considerando que existe una fuerte relación entre la vegetación y el suelo se ha adoptado para la recolección de datos la metodología basada en el muestreo estratificado según Mostacedo y Fredericksen (2000), que para el presente estudio se realizó en base a la clasificación biogeográfica de Navarro y Ferreira (2009). La estratificación en la región se realizó de acuerdo a la siguiente escala:

- Provincia biogeográfica: Puneña – xerofítica del altiplano
- Sector: 1. Sajama, 2. Intersalar de Uyuni, 3. Lípez Suroccidental y 4. Sector Potosino.
- Zona: Con fisiografía homogénea, para ello se localizó lugares con escasa pendiente y relieve similar con comunidades vegetales

donde existe predominancia de la especie del género *Parastrephia*.

Posteriormente se realizó la colecta de muestras aplicando la metodología de muestreo aleatorio simple, el cual se realizó a una profundidad aproximada de 20 a 40 cm recomendado para pastizales naturales o bosques naturales (Santos *et al.*, 2010).

Variables analizadas

Las variables analizadas en las muestras de suelo para las características físicas son: porcentaje de Arcilla (Ac), porcentaje de Limo (Li), porcentaje de Arena (Ao) y porcentaje de Grava (Gr). Para las características químicas se analizaron las siguientes variables: Conductividad eléctrica (CE) en dS/m, pH (medido en agua 1:5), Cationes de cambio en meq/100g como ser Calcio (Ca) Magnesio (Mg) Sodio (Na) y Potasio (K), Capacidad de Intercambio Catió-

nico (CIC), porcentaje de Materia Orgánica (MO), porcentaje de Nitrógeno Total (NT), Fosforo asimilable (P) en ppm, Nitrito (NO_2) en ppm y Amonio (NH_4) en ppm. Los análisis físicos químicos de suelos fueron realizados en la Unidad de Análisis y Calidad Ambiental del Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear (IBTEN), para ello se ha empleado la siguiente metodología.

- Hidrómetro de Bouyoucos para la determinación textura del suelo.
- Potenciometría para el análisis de CE, pH en agua.
- Absorción atómica para el análisis de cationes de cambio del Ca y Mg.
- Emisión atómica para el análisis de cationes de cambio de Na y K.
- Volumetría para el análisis de la CIC.
- Método de Walkley Black para la determinación de la MO.
- Método de Kjeldahl para determinar el % de NT.
- Espectrofotometría UV – Visible para el P, NO_2 y NH_3 .

Para el análisis estadístico y comparación de medias se ha establecido como tratamiento a la estratificación de las zonas de acuerdo al mapa de clasificación biogeográfica de Navarro y Ferreira (2009) en la que cada zona con vegetación predominante es un tratamiento por tanto se tiene los siguientes tratamientos:

T1: Sector Sajama con vegetación predominante del genero *Parastrephia*

T2: Sector Intersalar de Uyuni (Llica) con vegetación predominante del genero *Parastrephia*.

T3: Sector Potosino (Z. Rosario) con vegetación predominante del genero *Parastrephia*

T4: Sector Lipez Suroccidental (Quetena) con vegetación predominante del genero *Parastrephia*.

Análisis estadístico

El análisis estadístico ha sido realizado a través del método multivariante de Componentes Principales (ACP) y la clasificación de las muestras de suelo mediante el Análisis de Conglomerados Jerárquico (ACJ) empleando como medida de disimilitud la distancia euclidiana y el método de Ward como algoritmo de ligamiento. Para el contraste entre tratamientos o suelos de cada región se utilizó un diseño de bloques completos al azar y las medias fueron comparadas bajo la metodología de Tukey. Las variables cuantitativas que se utilizaron para el ACP fueron aquellas que presentaron un coeficiente de variación superior al 20%. Debido a que esta medida de dispersión relativa define más intrínsecamente la magnitud de la variabilidad de los parámetros del suelo y facilita la comparación de la variabilidad de un mismo parámetro en los grupos de muestras o de parámetros analizados (Hidalgo 2003). La colecta de muestras de suelo se realizó entre los meses de febrero y marzo.

Resultados y discusión

El Análisis de Componentes Principales (ACP) permitió establecer el efecto de los factores externos como la vegetación nativa y el ambiente en las propiedades del suelo. Son tres componentes que explican el 83.18% de la variabilidad total entre condiciones de suelo de las distintas regiones en las cuales se localizan la UPC's (Cuadro 2) destacándose el primer (CP1) y segundo componente (CP2) con un aporte del 43.54% y 24.04% respectivamente.

Cuadro 2. Valores propios y proporción de la varianza explicada por CP

	CP1	CP 2	CP3	CP4	CP 5	CP6
Valor propio	6.96	3.84	2.49	0.96	0.50	0.42
Variabilidad (%)	43.54	24.04	15.59	6.05	3.18	2.64
Porcentaje acumulado (%)	43.54	67.59	83.18	89.24	92.42	95.06

Las correlaciones obtenidas entre las variables analizadas y los factores muestran que la CP1, está definida por las variables CIC, pH, Ca, K, CE y Na por orden de contribución en función a una moderada a alta correlación con el CP1, también contribuyen aunque en sentido opuesto, las variables P y Ao (Cuadro 3). De acuerdo a la Figura 1, se observa que las primeras variables forman un grupo que se localizan en el Cuadrante II y III y están muy relacionados con los cationes de cambio tales como el Ca, K y Na que intervienen en la CIC, por tanto en la fertilidad del suelo. El pH y CE que forman parte de este grupo están relacionados con la reacción del suelo. El grupo conformado por la variable P y Ao, localizados en el Cuadrante IV, están relacionados con la disponibilidad de nutriente para la planta y propiedad física del suelo respectivamente.

De acuerdo al Cuadro 3, la CP2 está definida por las variables Mg, MO y NT y de manera opuesta la variable NO_2 , se observa en la Figura 1, que la MO y NT conforman un grupo localizado en el Cuadrante I, las dos variables están relacionados a la fertilidad actual y potencial de los elementos del suelo ya sean orgánicos e inorgánicos. La variable NO_2 y Gr conforman un grupo localizado en el Cuadrante III, los mismos están relacionados con la disponibilidad de nutrientes para la planta y propiedad física del suelo (Figura 1).

En el Cuadrante II de la Figura 1, se observa otro grupo de variables relacionado a elementos que intervienen en el crecimiento de la planta como el Mg y NH_4 y variables relacionadas a la propiedad física del suelo como la Ac y Li.

Cuadro 3. Correlaciones entre las variables y los factores

Variables	CE	pH	Ca	Mg	Na	K	CIC	MO	NT	P	NH_4	NO_2	Gr	Ao	Ac	Li
F1	0.81	0.92	0.88	0.44	0.64	0.88	0.96	-0.30	-0.29	-0.80	0.31	0.54	0.08	-0.72	0.47	0.59
F2	-0.20	-0.12	-0.38	0.81	0.21	0.07	-0.13	0.82	0.86	-0.06	0.36	-0.61	-0.47	-0.58	0.47	0.42

Una de las variables que mayor contribución presenta al CP1 es la CIC y está estrechamente relacionado con la fertilidad del suelo, según Garrido (1994), es la capacidad del suelo que permite retener los elementos necesarios para nutrir a las plantas, que de otra forma estarían en la solución del suelo para su lixiviado, cuanto mayor sea esta capacidad mayor será la fertilidad natural del suelo, por tanto si se observa la Figura 1, los suelos de las zonas de Rosario y Llica están

estrechamente relacionados a la CIC y a la comparación de medias presentan una mayor fertilidad que el resto de los tratamientos con un valor de 17.62 y 17.46 meq/100g, respectivamente, ($P < 0.05$) (Cuadro 4), sin embargo de acuerdo al mismo autor valores de CIC en un rango de 10 a 20 meq/100 g. corresponden a suelos pobres con un bajo nivel de fertilidad. En cambio según Rioja (2002) citado por Pavon (2003) considera como un nivel de fertilidad medio.

Cuadro 4. Valores promedios de variables analizadas

Región	CE		pH		Ca		Mg		Na		K		CIC		MO		N	
Rosario	0.2	a	8.66	a	12.95	b	2.16	b	1.36	a	1.13	a	17.62	a	0.32	b	0.052	bc
Llica	0.11	b	8.49	a	15.44	a	0.74	c	0.22	b	1.05	a	17.46	a	0.25	b	0.04	c
Quetena	0.04	c	7.94	b	7.6	c	3.46	a	0.19	b	0.93	a	12.19	b	1.2	a	0.09	a
Sajama	0.03	c	6.19	c	1.87	d	0.46	c	0.07	b	0.22	b	2.63	c	0.71	ab	0.068	ab

Letras distintas indican diferencias significativas ($P < 0.05$), test de Tukey

Continuación... Cuadro 4

Región	P		NH ₄		NO ₂		Gr		Ao		Ac		Li	
Rosario	6.92	b	3.05	a	0.021	ab	4.04	b	53.2	c	19.2	b	27.6	a
Llica	7.22	b	1.7	a	0.032	a	21.3	a	68.8	ab	22.4	b	8.8	b
Quetena	6.47	b	3.33	a	0.007	bc	11.88	b	55.6	bc	29.2	a	15.2	ab
Sajama	45.76	a	1.45	a	0.006	c	6.84	b	75.2	a	14.2	c	10.6	b

Letras distintas indican diferencias significativas ($P < 0.05$), test de Tukey

Otra de las variables que mayor contribución tiene a la CP1 es el pH, definido como una propiedad química del suelo que tiene un efecto importante en el desarrollo de los seres vivos pues no solo define las propiedades físicas, químicas sino también biológicas de un suelo. El grado de acidez o alcalinidad es determinado por la lectura de pH que se da en la interfase líquida del suelo, por la interacción de los componentes sólidos y líquidos (Fernández *et al.*, 2006). Los suelos de Rosario y Llica presentan valores de 8,66 y 8,49 respectivamente (Cuadro 4) considerado según Rioja (2002) citado por Pavon (2003) como suelos ligeramente alcalinos, el suelo de Sajama es ligeramente ácido y el de Quetena es moderadamente básico.

Al análisis de la Figura 1 y el Cuadro 5, se observa que la CIC presenta una correlación moderada baja con el contenido de Ac y MO, este re-

sultado difiere al reporte de López *et al.*, (2003), quienes de manera lógica establecen en un suelo de desierto de México, que a medida que la CIC aumenta existe mayor componente de Arcilla y por otro lado Garrido (1994) asevera que la MO tiene una elevada CIC, quiere decir una mayor capacidad de retención catiónica del suelo. La CIC es la cuantificación de la capacidad del suelo de retener cationes pues la carga neta de un coloide es negativa, según el Cuadro 5 y la Figura 1 existe una alta correlación positiva con los cationes Ca y K, significa que estas cargas negativas están ocupadas por estos cationes en mayor proporción y esto es confirmado por el pH que para los suelos de Rosario y Llica alcanzan niveles de alcalinidad, al no contar con MO suficiente la estructura de estos suelos son poco aptos para la agricultura y muy susceptibles a la erosión (Garrido 1994).

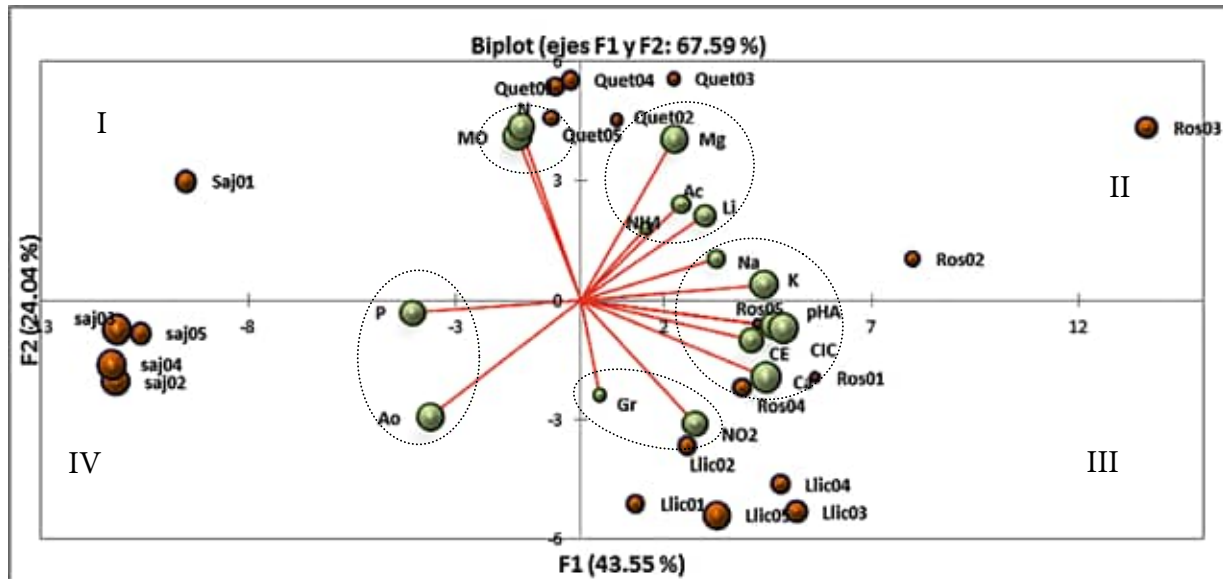


Figura 1. Distribución de los tratamientos según el análisis físico químico de suelos y su relación con las variables

La variable Ca que contribuye en mayor medida a la CP1, es un catión de cambio que forma parte de los principales elementos de cambio de la CIC, que en la medida de encontrarse en mayor o menor proporción en el coloide arcilloso influyen en el crecimiento de la vegetación nativa. Normalmente es el catión mayoritario entre

las bases intercambiables. Este elemento se encuentra en mayor proporción en los suelos de Llica con un nivel de 15,44 meq/100g. (Cuadro 4), este valor es considerado alto según Rioja (2002) citado por Pavon (2003), los niveles más bajos en Ca son los suelos de Quetena con un nivel de 7,6 meq/100g. (Cuadro 4).

Cuadro 5. Matriz de correlación (Pearson)

Variables	CE	pH	Ca	Mg	Na	K	CIC	MO	NT	P	NH ₄	NO ₂	Gr	Ao	Ac	Li
CE	1.00															
pH	0.69	1.00														
Ca	0.73	0.88	1.00													
Mg	0.07	0.40	0.09	1.00												
Na	0.77	0.45	0.40	0.28	1.00											
K	0.65	0.82	0.77	0.43	0.54	1.00										
CIC	0.76	0.93	0.96	0.34	0.54	0.86	1.00									
MO	-0.49	-0.33	-0.49	0.53	-0.19	-0.12	-0.34	1.00								
NT	-0.45	-0.35	-0.51	0.57	-0.05	-0.14	-0.34	0.96	1.00							
P	-0.47	-0.85	-0.73	-0.53	-0.31	-0.73	-0.80	0.12	0.13	1.00						
NH ₄	0.21	0.15	0.12	0.46	0.11	0.16	0.21	0.20	0.11	-0.23	1.00					
NO ₂	0.55	0.57	0.77	-0.26	0.10	0.35	0.63	-0.52	-0.61	-0.38	0.10	1.00				
Gr	-0.23	0.22	0.39	-0.18	-0.48	0.18	0.25	-0.23	-0.31	-0.26	-0.03	0.37	1.00			
Ao	-0.52	-0.52	-0.38	-0.74	-0.68	-0.64	-0.59	-0.15	-0.21	0.48	-0.45	-0.03	0.31	1.00		
Ac	-0.07	0.51	0.34	0.77	-0.01	0.53	0.47	0.39	0.35	-0.68	0.21	0.05	0.26	-0.55	1.00	
Li	0.66	0.33	0.26	0.45	0.82	0.46	0.43	-0.04	0.06	-0.19	0.41	0.01	-0.51	-0.88	0.08	1.00

Estos resultados coincide con López *et al.*, (2003), quienes aseguran que los suelos de las regiones áridas y semiáridas el carbonato de Ca es un componente abundante.

Otra de las variables importantes para la CP1 es el K que forma parte del grupo importante de cationes de cambio, la cantidad de K disponible en un suelo depende de la cantidad y tipo de minerales potásicos y condiciones ambientales durante la formación del suelo. El K intercambiable se encuentra retenido en las arcillas principalmente en forma electrostática neutralizando las cargas negativas que resultan de las sustituciones en su estructura (Vidal 2003). Los valores de K en tres tratamientos presentan un rango de 0.93 a 1.13 meq/100g (Cuadro 4), que es considerado como normal a alto en cambio en el tratamiento de la localidad de Sajama el valor promedio es 0.22 meq/100g, considerado como un nivel muy bajo según Rioja (2002) citado por Pavon (2003).

Todos los suelos contienen por lo menos pequeñas cantidades de sales solubles, los mismos son medidos a través de la conductividad eléctrica (CE) del suelo y permite estimar la cantidad de sales que contiene una muestra. La CE está influenciada por una combinación de propiedades físico-químicas del suelo, como la textura, el contenido de materia orgánica, humedad del suelo, capacidad de intercambio catiónico, salinidad, pH, Ca y Mg, tipos de suelo, entre otras. (Santibañez 2005; Simón 2013). La CE que presenta en Rosario alcanza un valor de 0.2 dS/m (Cuadro 4), el más alto del grupo de tratamientos el cual es considerado por Rioja (2002) citado por Pavon (2003), como inapreciable y que la mayoría de las plantas pueden tolerar este nivel de salinidad.

La variable Na también contribuye al CP1, siendo la química del Na muy similar a la del K pero su comportamiento en el suelo es diferente, los iones de Na liberados en la solución suelo, no experimentan fijación de ninguna clase y son retenidos por los puntos de intercambio catiónico con menor fuerza que los de K, Mg o Ca. Por tanto el Na es el catión que se lava con mayor facilidad

(Thompson y Troeh 2002). El Na es abundante en la naturaleza y al igual que los otros elementos del grupo de cationes nunca se encuentra en el estado elemental porque tiene una reacción rápida con los no metales (Lastra 2010). Los valores de Na en la comunidad de Rosario alcanzan valores de 1.36 meq/100g (Cuadro 4), según Rioja (2002), citado por Pavon (2003) considera este valor como un nivel alto de Na, en cambio los valores de los demás tratamientos oscila en un rango de 0.07 a 0.22 meq/100g considerados por el mismo autor como bajo a muy bajo.

Otro de los elementos macronutrientes que contribuye de manera opuesta al CP1 es el P cuya naturaleza hace que se lo considere como un elemento que forma parte de los minerales, microorganismos del suelo y de los compuestos orgánicos. En la solución suelo el P es fijado en el complejo arcillo húmico por tanto es cambiante o lábil, asimismo forma compuestos débilmente solubles con cationes divalentes y monovalentes, sin embargo la cantidad de P en la solución suelo es muy pequeña y la vegetación nativa aprovecha esta pequeña cantidad que se encuentra en equilibrio con el P de la fase sólida o mineral (Rojas 2009). En los suelos de Sajama se tienen las mayores concentraciones con un valor de 45,76 ppm (Cuadro 4) considerado como muy alto. Por otro lado el pH en las muestras de Sajama es ligeramente ácido (Rioja 2002 citado por Pavon 2003), lo cual coincide con Martini (1969) quien asegura que cuanto más bajo el pH o mayor acidez cambiante, mayor es la capacidad del suelo para fijar los fosfatos. Asimismo los suelos derivados de cenizas volcánicas, andosoles maduros tienden a fijar más P en la superficie de los minerales amorfos (Martini 1969; Espinosa 2006). En el resto de las muestras el valor del P oscila en un rango de 6,47 a 7,22 ppm (Cuadro 4), considerado como un nivel bajo según Rioja (2002) citado por Pavon (2003). Debido a que la contribución es opuesta, la correlación es inversamente proporcional con las variables Ac, Ca, K, CIC y pH (Cuadro 5).

La variable que mayor aporte presenta al CP2 es el Mg, el cual se encuentra en el suelo en un estado intercambiable, útil para las plantas debido a que es una fracción adsorbida a las partículas de arcilla y materia orgánica (COMPO 2013). Los valores más altos de Mg se encuentran en las muestras de suelo de la comunidad de Quetena (3.46 meq/100g) (Cuadro 4), este valor es considerado como alto según Rioja (2002), citado por Pavon (2003).

Otra de las variables que aporta a la CP2 es la MO, que juega un rol importante en la formación y estabilidad de la estructura del suelo, y tiene un fuerte impacto en la infiltración de agua, así como en el desarrollo de raíces y resistencia a la erosión (Zagal et al., 2002). La presencia de MO en los suelos estudiados de manera general muestra niveles bajos, según el Cuadro 4, los suelos de Quetena presentan el valor promedio más alto con 1,2%, según Rioja (2002), citado por Pavon (2003) este valor es considerado como bajo. Los resultados coinciden con datos de López et al. (2003) quienes reportan valores bajos de MO para suelos de desierto de México, lo cual es típico en ambientes áridos, debido a las bajas precipitaciones lo que ocasiona un déficit hídrico para las plantas inhibiendo su desarrollo e impidiendo la finalización de su ciclo de vida y su incorporación natural al sistema del suelo pues la fuente principal de MO proviene de la descomposición de seres vivos, actividad biológica de microorganismos y descomposición de restos y residuos metabólicos.

Un nutriente esencial para los organismos vivos al margen del P, K, y Ca y que influye en el CP2, es el elemento nitrógeno (NT), es uno de los

constituyentes principales de compuestos vitales como aminoácidos, proteínas, enzimas, nucleoproteínas, ácidos nucleicos, paredes celulares, clorofila etc. sobre la cual se basa la vida (Palma y Segat 2000; Fernández *et al.*, 2006; Perdomo y Barbazan 2001). El nitrógeno presente en el suelo bajo formas orgánicas no está disponible para las plantas, debe pasar a formas inorgánicas para ser adsorbido, sin embargo existe siempre una estrecha asociación entre los contenidos de materia orgánica del suelo y de NT (Perdomo y Barbazan 2001). Los suelos de la comunidad de Quetena y Sajama presentan los valores más altos de NT (0.09 y 0.068 % respectivamente) (Cuadro 4), los cuales corresponden a una categoría de suelos medianamente pobres según Fernández *et al.*, (2006); López *et al.*, (2003).

Existe el aporte de la variable Ao a la CP1 y CP2, el cual presenta correlaciones negativas con las variables Mg, Na, K y Li y una correlación negativa muy leve con la Ac. lo que indica es que los cationes de cambio mencionados se encuentran en menor cantidad en las muestra de suelo con mayor proporción de Ao. Este resultado es similar al análisis realizado por Andrades y Martínez (2014) quienes establecen que los suelos arenosos presentan una baja CIC (15 meq/100g) por lo tanto baja capacidad de retener cationes de cambio debido a que estos suelos tienen escasos coloides al no tener arcillas en su composición. En general los suelos de las muestras presentan una textura promedio Franco arcillo arenoso.

El análisis de conglomerados con base en el análisis de componentes principales confirma la diferenciación de condiciones de suelo en 4 grupos. Los cuales se aprecian en la Figura 4.

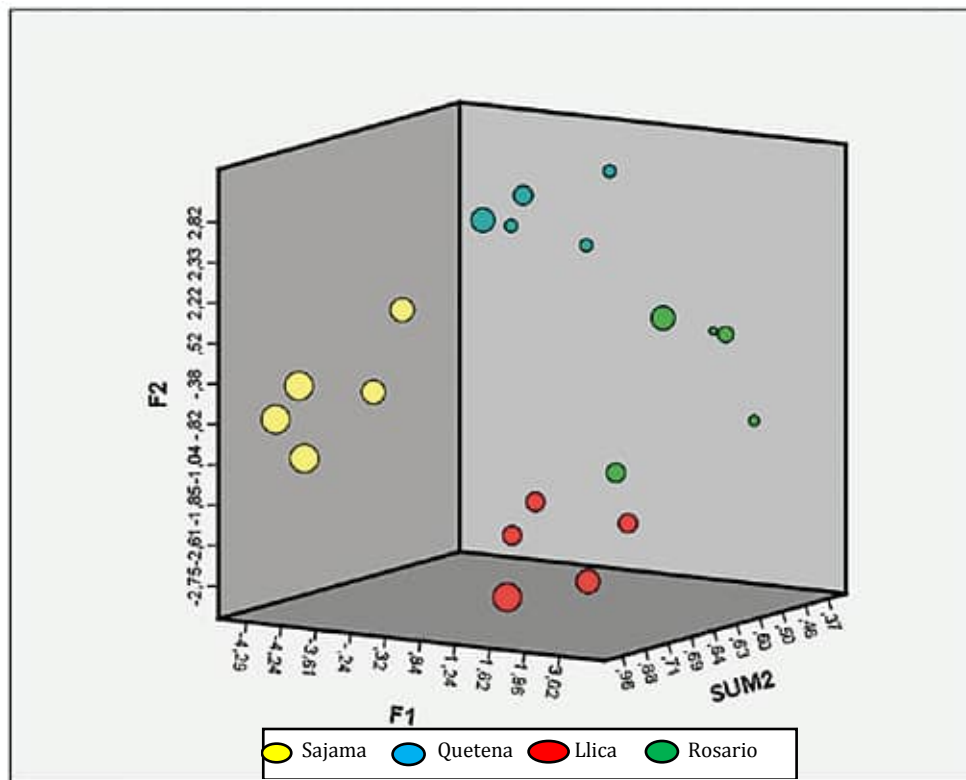


Figura 4. Distribución espacial de las comunidades según el análisis de suelos

Los criterios de determinación de los indicadores de la calidad de suelo, se basaron en los resultados del grado de asociación entre los factores y las variables, para el cual se tomó en cuenta el peso estadístico en la explicación de la variabilidad (valor del autovector), correlaciones con otras variables que presenten desde moderadamente alta a alta ($r = 0.6$ a 1 , ya sean positivas o negativas), facilidad y simplicidad en la medición (Campitelli *et al.*, 2010). En base a estos aspectos se han seleccionado las siguientes variables:

De acuerdo al Cuadro 6, la CIC tiene el valor más alto de correlación con la CP1 (0.96) y está correlacionado con 6 variables (Cuadro 4), sin embargo su medición requiere tomar muestras de suelo y realizar el análisis correspondiente. En segundo lugar se encuentra la variable pH, tiene un alto valor de correlación con la CP1 (0.92) y está correlacionado con 5 variables y su medición es simple, en tercer lugar se encuentra el K con una correlación de 0.88 con la CP1

y está correlacionado con 6 variables y su estimación es difícil. En cuarto lugar se encuentra la variable Ca, presenta una correlación de 0.88 con la CP1, esta correlacionado con 5 variables y su determinación es a través de muestras de suelo. En quinto lugar se encuentra la CE que presenta una correlación de 0.81 con la CP1 y esta correlacionado con 6 variables y su determinación es simple y finalmente el P que presenta una correlación negativa con la CP1, y esta correlacionado con 5 variables y su determinación es a través de análisis de suelo en laboratorio.

Lógicamente las variables con mayor correlación con la CP1 y CP2 son las más apropiadas para ser utilizados como indicadores de la calidad de suelo sin embargo no son prácticos al momento de la medición, por tanto desde un punto de vista de contribución a la CP1 y CP2 y considerando la facilidad y simplicidad de la medición se seleccionan a las variables pH y CE como indicadores de la calidad de suelos áridos y semiáridos, coincidiendo con los criterios de

Masera *et al.*, (1999) y Ramírez (2004) citados por García *et al.*, (2012) quienes mencionan que los indicadores de calidad de suelo deben obedecer ciertas condiciones entre ellas deben ser

integradores, fáciles de medir, aplicables en un rango de ecosistemas, sensibles a los cambios que sufre el suelo, integrar procesos químicos físicos y biológicos.

Cuadro 6 Selección de variables en función a escalas definidas

Variables	CP1	CP2	Nº de correlaciones con otras variables >0.6	Grado de dificultad para la medición	Grado de dificultad para la medición
CIC	0.969	-0.137	6	30	3
pH	0.925	-0.126	5	7	1
Ca	0.885	-0.382	5	15	2
K	0.880	0.078	6	15	2
CE	0.813	-0.200	6	7	1
P	-0.808	-0.061	5	30	3
Na	0.646	0.210	3	15	2
NT	-0.290	0.869	2	35	3
MO	-0.304	0.820	1	26	3
Mg	0.445	0.811	2	15	2
NO2	0.548	-0.618	1	35	4
Ao	-0.726	-0.584	1	25	2

Fácil=1 menos Fácil=2 Difícil=3 Muy difícil=4

Este resultado no es equivalente con el reporte de Campitelli *et al.*, (2010) quienes seleccionaron como indicadores de calidad de suelo a la materia orgánica, nitrógeno total y fósforo extractable para suelos agrícolas en la región central de Córdoba Argentina lo cual constata que los indicadores de calidad de suelo varían de un ecosistema a otro por la naturaleza de los mismos.

Conclusiones

La CP1, está relacionado con los cationes de cambio que intervienen en la CIC, por tanto en la fertilidad del suelo, asimismo esta componente está relacionado con indicadores de reacción química del suelo (pH y CE). De manera opuesta la CP1 está relacionado con elementos disponibles para la planta como el P, y con indicadores de la propiedad física del suelo.

La CP2 está relacionado con variables que determinan la fertilidad actual y potencial de los

elementos del suelo ya sean orgánicos e inorgánicos, la disponibilidad de nutrientes para la planta y propiedad física del suelo.

Todas las variables relacionadas con la CP1 y CP2 determinan la diferenciación entre suelos de ecosistemas áridos del altiplano, entonces son indicadores de calidad del suelo con vegetación nativa tipo tólar.

La variable CIC y MO en ecosistemas con gran limitación climática y condición de suelos áridos y semiáridos son los más indicados para medir la calidad del suelo pero no son los más prácticos por la complejidad que conlleva su determinación.

El análisis de componentes principales permitió establecer al pH y CE como los indicadores más adecuados para evaluar suelos del altiplano árido y semiárido.

Referencias citadas

- Alzerreca A.H., Laura J. Prieto G. C., Céspedes J. E., Calle M. P., Vargas A., Cardozo, G. A. y Zarate, V. 2002. Estudio de la tola y su capacidad de soporte para ovinos y camélidos en el ámbito boliviano del sistema T.D.P.S. (Subcontrato 21.07), Autoridad Binacional del Lago Titicaca (ALT), Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). AIGACAA. La Paz, Bolivia.
- Andrades, M. y Martinez, M.E. 2014. Fertilidad del suelo y parámetros que la definen. Universidad de la Rioja, IBERUS. 3ra. Edición IV serie. Logroño, España.
- Campitelli, P., Aoki, A., Gudelj, O., Rubenacker, A. y Sereno, R. 2010. Selección de indicadores de calidad de suelo para determinar los efectos del uso y prácticas agrícolas en un área piloto de la región central de Córdoba. *Revista científica Ciencia del suelo*. Vol.28, N° 2. Córdoba Argentina pp. 223-231.
- COMPO 2013. “El Magnesio: nutriente esencial en la producción de frutales y cultivos”: Red Agrícola N° 58, Publicaciones COMPO. Chile <http://www.compo-expert.com/cl/novedades/publicaciones-compo.html>.
- Espinosa, J. 2006. Suelos Volcánicos, Dinámica del Fósforo y Producción de Papa. In *Memorias del II Congreso Ecuatoriano de la Papa*, Centro Internacional de la Papa. Agricultural research for development. Ambato. Ecuador. <http://cipotato.org/es/cip-quito/informacion/congresos/ii-congreso-ecuatoriano-de-la-papa/#sthash.j7XgeKm9.dpuf>
- FAO. 2015. Los suelos constituyen la base de la vegetación. Hoja divulgativa: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Roma, Italia. pp 3. <http://www.scielo.org.ar/scielo.php?>
- Fernández, L. L.C., Rojas, A. G. N., Roldán, C. T. G., Ramírez, I. M. E. Zegarra M. H. G., Hernández, U. R., Reyes, Á. R. J., Flores, H.D. y Arce, O. J. M. 2006. Manual de técnicas de análisis de suelos aplicadas a la remediación de sitios contaminados. Instituto Mexicano del Petróleo. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Instituto Nacional de Ecología D.F. México.
- Garrido V. S. 1994. Interpretación de análisis de suelos. Hojas divulgadoras N° 5/93. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. Instituto de Reforma y Desarrollo Agrario. Dirección General de Infraestructura y Cooperación, Madrid. España.
- García, Y., Ramírez, W. y Sánchez, S. 2012. Indicadores de la calidad de los suelos: una nueva manera de evaluar este recurso. In *Revista Pastos y Forrajes*. Vol. 35, N°2, Estación Experimental de Pastos y Forrajes “Indio Hatuey”. Matanzas, Cuba. pp125-135. <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=269125071001>
- Hidalgo R. 2003. Variabilidad Genética y Caracterización de Especies Vegetales In: *Análisis estadístico de datos de caracterización Morfológica de Recursos Fitogenéticos*. Boletín técnico N°8. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI), Cali, Colombia.
- Lastra, C. O. 2010. Sodio en plantas C4. In *C4 y CAM Características generales y uso en programas de desarrollo de tierras áridas y semáridas*. Ed. Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). Madrid, España. pp 152-153
- López, A. R., Villavicencio, F. E., Real, R. M.A., Ramírez, B. J. L. y Murillo, A. B. 2003. Macronutrientes en suelos de desierto con potencial agrícola Terra Latinoamericana Vol.21, N°3. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, Chapingo México. pp 333-340
- Martini J.A. 1969. Distribución geográfica y características de los suelos derivados de cenizas volcánicas en Centroamérica. In *Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina*. Centro de Enseñanza e Investigación del IICA Turrialba, Costa Rica. pp 18. <https://books.google.com.bo/books?id=uykOAQAIAAJ&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>

- Mostacedo, B. y Fredericksen, T., S. (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. pp 4-5.
- Navarro, G. y Ferreira, W. 2009. Mapa biogeográfico de Bolivia. Rumbol. Naturaleza Ciencia Sociedad. Diseño Editorial: Los Tiempos. Cochabamba. Bolivia.
- Orsag, V. 2009. Degradación de suelos en el altiplano boliviano, causas y medidas de mitigación. ANALISIS. Instituto Boliviano de Economía y Política Agraria. Journal, Vol.1, N°3. La Paz, Bolivia. pp 27-30 <http://www.revistasbolivianas.org.bo/pdf/ra/v1n3/v1n3a06.pdf>
- Pavón, C. A.B. 2003. Instalación de riego por goteo en una parcela de maíz. Universidad de Castilla - La Mancha. Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola de Ciudad Real. Proyecto fin de Carrera. Castilla La Mancha. España.
- Palma, M. y Segat, A.L. 2000. Nitrógeno del suelo. In Principios de edafología. 2da. Edición. Editorial. Facultad de Agronomía. Buenos Aires, Argentina. pp 239-252
- Perdomo, C. y Barbazan, M. (2001). Nitrógeno. Facultad de Agronomía, Universidad de la República. Área de Suelos y Agua. Montevideo, Uruguay. pp 2-13.
- Rojas, W. C. 2009. Interpretación de la disponibilidad de fósforo en los suelos de Chile. Centro Regional de Investigación, INIA La Platina. Santiago. Chile. pp 24-26
- Santibáñez, V., C. 2005. Determinación del pH y conductividad eléctrica del suelo. Universidad de Chile. Proyecto MECESUP UCH 0303, Modernización e Integración Transversal de la Enseñanza de Pregrado en Ciencias de la Tierra. Santiago. Chile.
- Santos, D.J., Wilson, M.G. y Ostinelli, M. 2010. Metodología de muestreo de suelo y ensayos a campo. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Proyectos integrados PNCER022411. Buenos Aires. Argentina.
- Simon, M., Peralta, N. y Costa, J.L. 2013. Relación entre la conductividad eléctrica aparente con propiedades del suelo y nutrientes. Asociación Argentina Ciencia del Suelo (AACS). AGD. CONICET. Facultad de Agronomía de la Universidad Mar del Plata. Estación Experimental INTA. Mar del Plata, Argentina. pp 45-55
- Thompson, M. y Troeh, F. R. 2002. Los suelos y su fertilidad. Centro Pirenaico de Biología Experimental de Jaca. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Editorial REVERTE S.A. Barcelona. España. pp 361-369.
- Triveli, J.,M.A. y Valdivia, R. V. 2009. Alcances sobre Flore y Vegetación de la Cordillera de Los Andes. Región de Arica y Parinacota y Región de Tarapacá. Segunda Edición. Ministerio de Agricultura. Servicio Agrícola y Ganadero. Santiago. Chile. 180 p
- Vidal, M.,J.L. 2003. Dinámica del potasio en el suelo y su requerimiento por los cultivos. Colegio de postgraduados. Institución de enseñanza e investigación en ciencias agrícolas. Instituto de recursos naturales. Proyecto de investigación, Nivel Maestría. Texcoco, México
- Zagal, E., Rodríguez, N., Vidal, I. y Flores, A. B. (2002). La fracción liviana de la materia orgánica de un suelo volcánico bajo distinto manejo agronómico como índice de cambios de la materia orgánica lábil. Agricultura Técnica, 62(2), Universidad de Concepción, Facultad de Agronomía. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Quilamapu. Chillán, Chile. pp 284-296. http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S036528072002000200011&lng=es&tlng=es. 10.4067/S0365-28072002000200011.

Conformación de la raza Nativa Boliviana de cuyes

Claudia Rivas Valencia^{1*}

Elizabeth Rico Numbela¹

Centro MEJOCUY-Universidad Mayor de San Simón, Cochabamba-Bolivia

*e-mail: c.rivas@umss.edu.bo, mejocuy@hotmail.co m

Resumen

En el Centro MEJOCUY, a lo largo de veintiocho años se conserva *in vivo* la variabilidad genética y fenotípica de cuyes nativos bolivianos, como resultado de una colecta inicial a nivel de cinco departamentos de Bolivia: Cochabamba, La Paz, Oruro, Potosí y Sucre; sobre la base de esta colecta, en ciclos anuales de producción, bajo un empadre intensivo con una densidad de 3 hembras por macho y un sistema de alimentación mixto, se viene consolidando un plantel que se mantiene a la fecha con evaluaciones generacionales minuciosas, demostrando la estabilidad en los caracteres de rendimiento productivo y reproductivo, con respuesta superior año tras año, con conformación fenotípica que responde a un patrón específico, medidas morfométricas casi estándar, con diferencias que trascienden solamente a nivel del dimorfismo sexual propio de la especie y parámetros genéticos similares generación tras generación. Los resultados observados muestran que en Bolivia esta especie presenta una clara diferenciación y un patrón propio del cuy nativo boliviano según los requerimientos de la FAO para considerar como “raza” dadas sus características únicas.

Palabras clave: Cuyes, raza, nativa boliviana

Abstract

In the MEJOCUY Center, over twenty-eight years is retains phenotypic and genetic variability of Bolivian native guinea pigs, as a result of an initial collection level five departments of Bolivia: Cochabamba, La Paz, Oruro, Potosi and Sucre; on the bases of this collection, in annual cycles of production, under an intensive reproduction with a density of 3 females per male and a mixed feeding system comes to strengthen a squad which remains to date with detailed generational evaluations, showing stability in the characters of productive and reproductive, performance with superior response year after year, with phenotypic conformation that responds to a specific pattern, measures almost standard morphometric differences that go beyond only at the level of the sexual dimorphism of the species and similar genetic parameters, generation after generation. The results observed show that in Bolivia this species presents a clear distinction and a pattern typical of the Bolivian native guinea pig according to the requirements of the FAO to consider as “race” given its unique characteristics.

Keyword: guinea pig, race, typical of the Bolivian

Introducción

El cuy, especie originaria de los Andes de la franja andina que corresponde a los países de Bolivia, Perú, Colombia y Ecuador, presenta características distintivas no solo fenotípicamente sino en cuanto a aspectos de rendimiento, morfometría y otros que determinan caracteres propios atribuibles a la región en la cual se concentra su distribución. En Bolivia, esta especie presenta peculiaridades que permiten consolidar el recurso como una raza dadas sus características únicas.

El Centro MEJOCUY a lo largo de veintiocho años de conservación del cuy nativo boliviano se ha obtenido, evaluado y consolidado un plantel que se mantiene como resultado de una colecta inicial a nivel de cinco departamentos de Bolivia: Cochabamba, La Paz, Oruro, Potosí y Sucre. La evaluación generacional minuciosa de este plantel ha demostrado la estabilidad en los caracteres de rendimiento e inclusive una respuesta superior año tras año, además un fenotipo que responde a un patrón específico, medidas morfométricas casi estándar en los animales hallados, con parámetros genéticos similares generación tras generación. Al analizar estos aspectos a la luz de los requerimientos de la FAO para establecer las razas de los animales de granja, es que se constituye la presente investigación con el objeto de realizar un estudio preliminar hacia la conformación de la raza nativa de cuyes.

Los objetivos de la presente investigación fueron;

- Contribuir al establecimiento y conformación de la raza nativa boliviana.
- Describir características biológicas, fenotípicas y morfométricas de la población nativa boliviana.
- Determinar el rendimiento productivo en las etapas de reproducción, lactación

y cría de la población nativa boliviana.

- Estimar los parámetros genéticos de la población nativa boliviana.
- Conformar la raza nativa boliviana.

Marco de referencia

Raza

Turton (1974) citado por FAO (1997), define raza como un grupo homogéneo, subespecífico, de animales domésticos que poseen características externas definidas e identificables que permiten distinguirlos a simple vista, de otros grupos definidos de la misma manera en la misma especie; también es un grupo homogéneo sobre el que, debido a la separación geográfica con otros grupos fenotípicamente similares, existe un acuerdo general sobre su identidad separada. En este sentido “raza” no es un término técnico, pero las diferencias, tanto visuales como otras entre las razas, son las responsables de la mayor parte de la diversidad asociada con cada especie animal doméstica. El término raza es aceptado más como un término cultural que técnico, para poner el acento sobre la propiedad. Por esta razón, toda población de animales domésticos de granja que un país reclama como única se incorpora al banco mundial de datos de recursos genéticos de animales de granja de la FAO.

Población

La FAO (1997), indica que es un término utilizado que en el sentido genético y define un grupo de animales que se reproducen entre ellos y puede referirse a todos los animales de una raza, variedad o cepa. La genética de poblaciones considera la constitución genética de la suma de individuos que componen una población, y la transmisión de generación en generación del gran número de genes que poseen y las formas alternativas de estos genes que lleva cada animal.

Conservación

La conservación es la administración del uso humano de la biosfera de tal suerte que produzca el mayor provecho sustentable para las generaciones actuales, manteniendo el potencial para satisfacer las necesidades y las aspiraciones de las generaciones futuras. La conservación engloba la preservación, mantenimiento, uso sustentable, restauración y mejoramiento del ambiente natural (FAO-UNESCO, 1980). La conservación de los recursos genéticos para los animales domésticos es la suma de actividades incluidas en el manejo del pool génico que asegure su mantenimiento a lo largo del tiempo.

Conservación del cuy o cobayo

En América del Sur existen tres especies de cobayo emparentadas con las domésticas: *Cavia aperea*, *C. fulgida* y *C. tschudii*. Todos declinan rápidamente en número por lo que se deben poner en marcha medidas de urgencia para asegurar su preservación. La Lista Mundial para la Vigilancia de los Animales Domésticos (1997) de la FAO, describe al cobayo o cuy como se detalla a continuación:

Cobayo, Conejo de Indias, Cuis
Cavia spp.
 Familia CAVIIDAE
 AMENAZADO

Distribución y estado actual

El área de extensión de estos animales incluye las alturas centrales de Bolivia y Brasil, pero no es bien conocida. El estado actual de los conejos de Indias salvajes no es claro y no se dispone de ninguna estimación precisa de la población.

a. Amenazas para la supervivencia

Sobreexplotación y destrucción del hábitat.

b. Reproducción en cautividad

Los cobayos domésticos se reproducen sin dificultad ya sea confinados en pequeñas cajas o

bien, como en algunas regiones del Perú, manejados en grupos al aire libre durante el día y entrados a pequeñas habitaciones por la noche. No existen datos sobre la propagación de las especies salvajes en cautividad. La duración de la gestación del cobayo doméstico es de 65 - 70 días y producen cuatro camadas de 2 a 3 crías por año.

c. Domesticación e Importancia económica

El cobayo salvaje fue domesticado con un fin alimenticio en las alturas del Perú y de Bolivia hace al menos 7000 años y sus descendientes son todavía muy utilizados como fuente de carne en toda América del Sur. Solamente Perú posee alrededor de 20 millones de animales que producen aproximadamente 16000 a 17000 toneladas de carne por año que es tanto como lo que en ese país producen los ovinos. Se han producido cobayos “mejorados” en la Universidad Agraria de La Molina que les ha hecho aumentar el peso a los cobayos domésticos de 0,5 kg hasta cerca de 2 kg. Un estudio de FAO en Ibarra, Ecuador, ha mostrado que una pequeña granja de cobayos en la montaña da un beneficio más importante que los cerdos o los bovinos, sobre todo porque su carne es vendida a un precio muy elevado. La tasa de conversión alimenticia es elevada: 3,3 – 5,7 kg. Los cobayos son también ampliamente utilizados para la investigación biomédica. El cobayo doméstico no fue conocido fuera del Imperio Inca hasta la conquista de los españoles, después de la cual, siendo pequeño y fácil de transportar, apareció en Guinea Ecuatorial española. Es a partir de este país que se hace conocido en el mundo anglófono, como lo sugiere su nombre inglés “Guinea Pig” (Zeuner, 1963).

Metodología

El material biológico empleado fue la población de cuyes nativos bolivianos colectados en 1987 de 30 comunidades de 5 departamentos del país que comprenden: Cochabamba, Oruro, La Paz, Sucre y Potosí. Hasta 1998 esta población se mantuvo como “línea nativa boliviana” y posteriormente pasó a formar parte

del Programa de Conservación de Germoplasma Nativo. Esta población se mantuvo generacionalmente bajo apareamientos de mínimo parentesco para evitar la consanguinidad, con un plantel permanente desde el año 1998 de 30 machos y 60 hembras con la progenie generada a lo largo de 3 a 4 partos continuos, lo cual constituye una población anual aproximada de 900 a 1000 animales entre reproductores y recria.

Caracterización Biológica

Se describieron todas las características biológicas del cuy nativo boliviano.

Caracterización fenotípica

Se procedió a describir en un plantel de cuyes machos y hembras en base a las características: tipo, color y combinación de pelo, presencia de roseta, color de ojos, orejas y párpados y número de dedos en las patas traseras y delanteras.

Las variables fenotípicas son categóricas bajo una distribución binomial, multinomial y de Poisson. Para las pruebas estadísticas se determinó diferenciar solamente por sexo puesto que el tamaño de camada del cual proviene el animal, no ejerce influencia sobre estos caracteres.

Caracterización productiva

La caracterización productiva consideró las siguientes variables:

- Etapa reproductiva: Intervalo entre partos y tamaño de camada.
- Etapa de lactación: Peso al nacimiento y peso al destete (14 días).
- Etapa de recria: Peso a los 56 días y ganancia diaria de peso.

Los datos fueron analizados generacionalmente bajo un diseño anidado jerárquico Carolina I considerando los siguientes efectos: Número

de parto del cual proviene el animal, tamaño de camada del animal (excepto cuando se analiza esta misma variable) y sexo.

Caracterización morfométrica

Se realizó en cuyes machos y hembras de recria de 65 días de edad, tamaño de camada variable de una a cinco crías, procedentes del primer parto. Se consideraron las medidas morfométricas ligadas a características productivas útiles en mejoramiento: largo y ancho de la cabeza, ancho, alto y largo del tórax y del cuerpo, largo de los huesos de las extremidades, alto y largo de la grupa y tamaño de la oreja. El análisis de varianza para estas variables se realizó considerando los efectos sexo y tamaño de camada, analizando estas variables como continuas.

Parámetros genéticos

Se evaluaron generacionalmente los parámetros genéticos, determinando los componentes genético y ambiental que determinan los caracteres de interés productivos y la heredabilidad del plantel para observar el potencial de los caracteres aptos para mejora genética. Los modelos empleados para estos caracteres fueron anidados Carolina I y se procesaron los datos con el Proc Mixed del SAS versión 8.1.

Resultados y Discusión

Caracterización biológica

Se cuenta con los caracteres fisiológicos determinados para la población con Temperatura de 37,52°C, Frecuencia respiratoria 101.61 respiraciones/minuto, Eritrocitos: 5.008.260,87 millones/mm³ Leucocitos 5180,00 miles/mm³. Hematocrito: 45,02% Hemoglobina: 14,30 g/100cc Velocidad de crecimiento lineal (nac – 84d) Machos 2,33 – 6,20 g/día, Hembras 3,19 – 6,16 g/día, Crecimiento constante (84d – 154d) Machos 0,09 – 1,95 g/día y Hembras 0,20 – 3,21 g/día.

Caracterización fenotípica

Las características fenotípicas mostraron predominancia del tipo de cuerpo anguloso (100%), tipo de pelo: corto rosetado (18,8%), corto lacio (73,8%) y largo lacio (6,9%). El color de pelo presenta las siguientes tonalidades y porcentajes: agutí (24,3%), bayo (6,4%), blanco (21,8%), café claro (27,2%), café oscuro (9,4%), negro (6,9%) y plomo (4,0%). La combinación de colores del pelaje se distribuyó porcentualmente como: 2 colores (65,3%), 3 colores (4,0%) y color entero (29,7%). El tipo de orejas 5,0% caídas y 95,0% erectas. El color de las mismas 14,4% claras, 14,9% combinadas y 69,8% oscuras. El color de ojos fue 99,0% negros y 1,0% rojos. El color de párpados 14,9% claros, 12,9% combinados y 70,8% oscuros. Se evidenció presencia de roseta en tan solo el 1,0% de los cuyes estudiados.

Caracterización productiva

A lo largo de 28 generaciones, se observó el rendimiento para los caracteres reproductivos:

tamaño de camada e intervalo entre partos. En general se aprecia que el intervalo en días entre partos tiende a disminuir generacionalmente, es decir, menos días a la gestación. Por otra parte, el número de crías al parto no solo se mantiene sino que generacionalmente ha ido incrementando. Esta misma tendencia se presenta en los pesos a diferentes edades y la ganancia diaria de peso. Por otra parte Loma (2001) determinó la conversión alimenticia para esta población en machos y hembras con dieta básica con valores de 8,57 y 7,47 respectivamente y bajo una dieta mixta en 6,81 y 7,84 de igual forma.

Caracterización morfométrica de la población nativa boliviana

Las medidas morfométricas manifestaron valores diferentes entre machos y hembras, pero sin significancia para el tamaño de camada del cual proviene la cría. Por otra parte estos valores fueron muy similares entre animales, encontrándose escasas diferencias significativas.

Cuadro 1. Medidas morfométricas de la población Nativa

Variable	Medias	
	Macho	Hembra
Peso 65 días	522,221 ± 9,385	450,111 ± 11,198
Longitud de cabeza	6,392 ± 0,049	6,218 ± 0,059
Ancho de cabeza	2,599 ± 0,042	2,456 ± 0,050
Espesor al centro de la frente	3,144 ± 0,020	2,994 ± 0,024
Espesor al morro	2,828 ± 0,036	2,687 ± 0,043
Ancho de tórax	4,135 ± 0,079	3,923 ± 0,094
Alto de tórax	4,830 ± 0,068	4,553 ± 0,081
Longitud de tórax	6,063 ± 0,031	5,552 ± 0,037
Longitud de cuerpo	17,008 ± 0,199	15,997 ± 0,237
Longitud de radio y cúbito	3,875 ± 0,360	3,969 ± 0,302
Longitud de húmero	4,394 ± 0,056	4,308 ± 0,067
Longitud de tibia	5,618 ± 0,249	5,444 ± 0,260
Perímetro torácico	16,330 ± 0,185	15,720 ± 0,220
Perímetro de cabeza	14,124 ± 0,099	13,625 ± 0,118
Perímetro abdominal	20,125 ± 0,205	19,032 ± 0,244
Alto de grupa	3,971 ± 0,067	3,759 ± 0,079
Longitud de grupa	6,061 ± 0,229	5,463 ± 0,243
Ancho de oreja	1,766 ± 0,540	1,680 ± 0,518
Largo de oreja	3,011 ± 0,581	2,749 ± 0,635

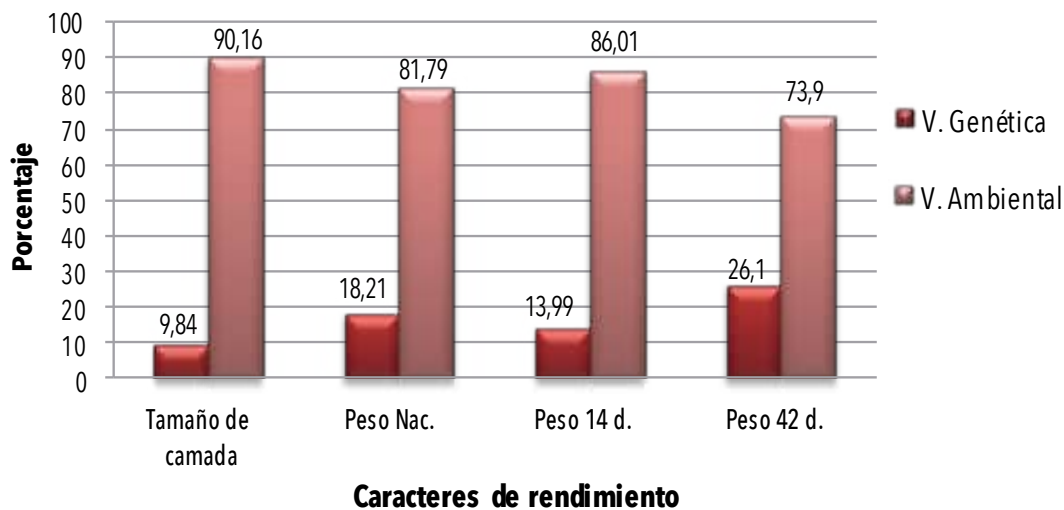
Fuente: Gonzáles (2008)

Parámetros genéticos

Los componentes de varianza se desglosan en genéticos y ambientales, ambos se reflejan en diverso porcentaje en el fenotipo del animal. El componente ambiental está referido principalmente a los aspectos de manejo, alimentación y fisiología propia del animal. Por otra parte el componente genético es aquél que determina la capacidad de transmitir genes deseables a su progenie. Las varianzas genéticas y ambientales para los caracteres de interés en mejoramiento. Se observa que, según transcurre el desarrollo del animal, la varianza genética se hace más perceptible puesto que se asocia a la capacidad genética propia de cada animal para manifestar su fenotipo

po cuando ha dejado atrás los efectos maternos y otros atribuibles a la poza de empadre. Los valores de heredabilidad se mantienen entre el uno y once por ciento cuando se mide el componente genético en rigor; estos valores se incrementan cuando se considera el efecto ambiental sobre la heredabilidad analizando ésta en sentido amplio.

En la gráfica 1, se observan las varianzas genéticas y ambientales para los caracteres de interés en mejoramiento. Se observa que, según transcurre el desarrollo del animal, la varianza genética se hace más perceptible puesto que se asocia a la capacidad genética propia de cada animal para manifestar su fenotipo cuando ha dejado atrás los efectos maternos y otros atribuibles.



Gráfica 1. Varianzas genéticas y ambientales para los caracteres de interés

Los valores de heredabilidad alcanzados por la población (Cuadro 2), muestran que los valores entre el uno y once por ciento cuando se mide el componente genético en rigor; estos valores se incrementan cuando se considera el efecto ambiental sobre la heredabilidad analizando ésta en sentido amplio.

Cuadro 2. Valores de heredabilidad de la Población Nativa Boliviana

Variable	Nativa Boliviana	
	h^2	H^2
Tamaño de camada	0,008	0,125
Peso Nacimiento	0,102	0,219
Peso Destete (14 días)	0,111	0,200
Peso 42 días	0,015	0,000

A nivel molecular también se han observado diferencias significativas de los cuyes que constituyen la población Nativa Boliviana, no solamente respecto de cuyes de otras poblaciones del Centro MEJOCUY sino respecto de cuyes silvestres colectados por el Laboratorio de Genómica Evolutiva de Mamíferos de la Facultad

de Medicina de la Universidad de Chile. En la Figura 1, se observa el peso y longitud total de 118 cuyes adultos domésticos de diferentes haplotipos y 15 silvestres *Cavia tschudii*. El tamaño de la muestra (n) se encuentra a continuación de cada nombre.

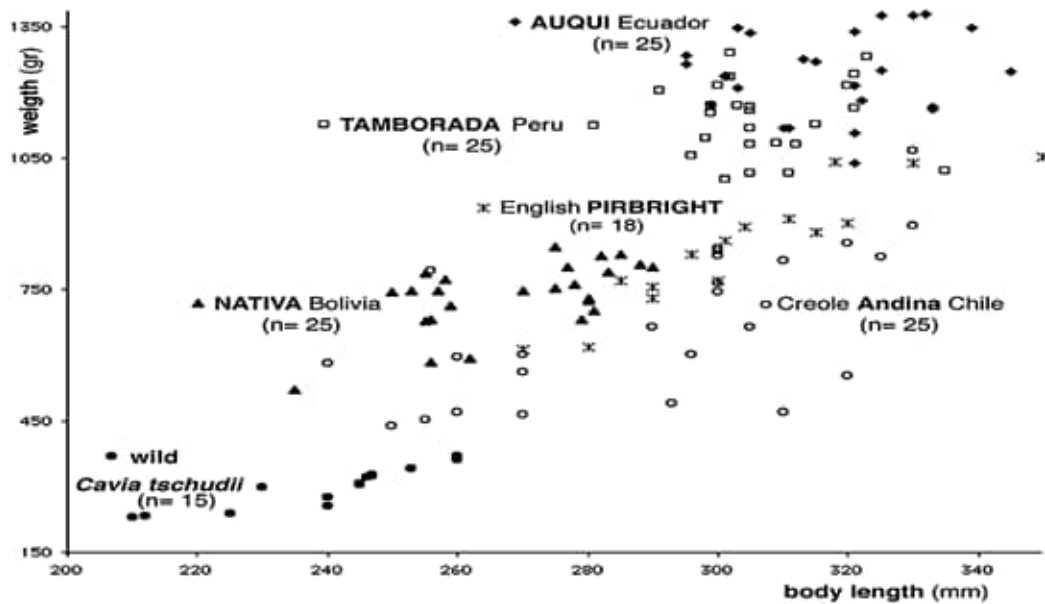


Figura 1. Diagrama de dispersión entre longitud total y peso de 118 cuyes adultos domésticos de diferentes haplotipos y 15 silvestres *Cavia tschudii*. Fuente: Spotorno *et al.* (2006)

En la Figura 2, se observan las medias a la red que representan las relaciones entre haplotipos de cuyes domésticos y salvajes a nivel 28 citocromo b. El número dentro de cada círculo corresponde al número de haplotipos; el tamaño del círculo es proporcional a la fre-

cuencia, en los círculos más pequeños se representan secuencias de copia única y los más grandes representan 2 copias. Los números en las ramas son pasos mutacionales. Las flechas marcan las fases de domesticación.

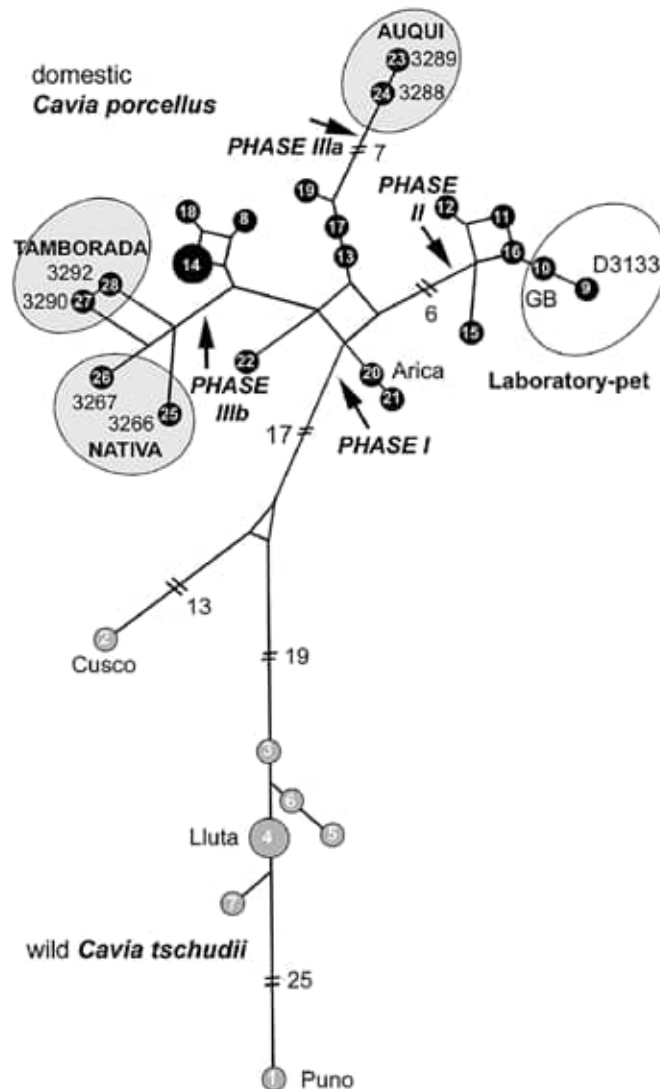


Figura 2. Relaciones entre haplotipos de cuyes domésticos y salvajes a nivel 28 citocromo b

Fuente: Spotorno, *et al.* (2006)

Información acumulada para acceder al cuy nativo boliviano como una raza, al banco mundial de datos de recursos genéticos de animales de granja

En el Cuadro 3 se detallan los aspectos considerados en la Lista Mundial de Vigilancia para la Conservación de los Animales domésticos, en la cual se describen los aspectos a tomar en cuenta para considerar como “raza” una especie doméstica.

Cuadro 3. Datos del cuy nativo boliviano

Región	Colecta de 30 comunidades a nivel nacional realizada a nivel de 5 departamentos de Bolivia: Cochabamba, La Paz, Oruro, Sucre y Potosí.
País	Bolivia
Año de colección de los datos	1987
Nombre de la “raza”	“Cuy Nativo Boliviano”
Especie	<i>Cavia aperea f. porcellus</i>
Nombre local o sinónimos	Cuy, Conejo cuis, qowi.
Tamaño de la Población Total	30 machos y 60 hembras conservados generacionalmente con hasta cuatro partos por año en estación experimental con un total poblacional estable entre 800 a 900 animales por año (Datos MEJOCUY, 2010) y difusión permanente de núcleos de reproductores a criadores (V)*
Evolución de la población	Total de datos evaluados 1987 – 2009: 35496 progenies evaluadas. Decreciente (en relación al número de hembras reproductoras)
Usos	Consumo para carne Pie de cría potencial para programas de cruzamientos absorbentes con animales exóticos.
Fuente de información	Colecta MEJOCUY 1987. Datos de rendimiento reproductivo y productivo 1988 a 2009
Estado de riesgo	Amenazado (Clasificación de FAO, 1997)
Estado de conservación	Plantel pequeño <i>In vivo</i>

*Fuente de datos confiable, dentro las categorías de la FAO (1997)

Cuadro 4. Descripción de la raza

Color de la capa	Color variado que oscila entre el color blanco, bayos, rojos, agutís en diferentes tonalidades, hasta negro en forma entera combinaciones de dos y tres colores.
Tipo de pelo	Lacio o con roseta
Tamaño y peso a la edad adulta	Peso promedio alcanzado de 520 g a los 56 días de edad.
Características genéticas (aberraciones cromosómicas)	NO DESCRITAS
Uso y cualidades particulares (empíricas o demostradas), como resistencia a las enfermedades, adaptación al stress ambiental	• Rústico • Completamente adaptado a las circunstancias locales, estrés alimentario y otros. • Hallado alturas: 1930 hasta 4020 m.s.n.m. • Empleado como pie de cría para el establecimiento de cruza absorbenes comerciales. • Consumo de carne. • Empadre intensivo de las hembras durante aproximadamente un año y medio. • Sistema de alimentación mixto en base a forraje y alimento suplementario en función a los requerimientos de la especie. • Evaluación de la recría hasta los 42 días de edad. • Empadre aleatorio, sin selección, minimizando factores de consanguinidad en los apareamientos (mínimo parentesco) • Estimación de las distancias genéticas con otras razas. • Análisis del material genético (ADN). • Descripción de los programas de conservación en marcha.
Sistemas de manejo	
Información suplementaria	
Datos de Producción	
Duración de la lactancia	14 días
Peso nacimiento	96.8 g
Tamaño de la camada	3.3 crías/parto
Altura a la cruz (machos)	3,971 ± 0,067 cm.
Altura a la cruz (hembras)	3,759 ± 0,079 cm.
Peso vivo adulto	414.2 g.
Sistema de cría	Sedentario Producción intensiva en estación experimental Producción de traspatio en zonas rurales
Alimentación de los adultos	Sobre la base de forrajes, concentrados Subproductos de la finca/del hogar
Tiene la raza alguna adaptación particular?	Resistencia a modificaciones ambientales de temperatura y estrés alimentario. Tamaño de camada y otras características estables a lo largo de todo el año (épocas de calor y frío)

Conclusiones

El cuy nativo boliviano presenta una conformación fenotípica y morfométrica uniforme dentro los individuos de la población estudiada.

Los cuyes de la población Nativa Boliviana presentan características muy uniformes de rendimiento productivo y reproductivo, determinadas a lo largo de veintiocho años de evaluación continua de datos.

Los parámetros genéticos de la población demuestran por una parte su diferenciación respecto de otras poblaciones y líneas de cuyes y por otra los componentes genéticos asociados a la expresión fenotípica de los caracteres de interés en la mejora.

Los resultados observados muestran una clara diferenciación y un patrón propio del cuy nativo boliviano según los requerimientos de la FAO para considerar como “raza” este plantel de animales patrimonio de la región.

Referencias citadas

- Alba, R. 1990. Maduración sexual del cuy doméstico macho (*Cavia aperea f. porcellus*). Tesis Lic. En Biología. Facultad de Ciencias y Tecnología – UMSS. 112pp.
- Aramburo, N. 1998. Análisis del Crecimiento del cuy nativo boliviano (*Cavia aperea f. porcellus*). Tesis Lic. En Biología. Facultad de Ciencias y Tecnología – UMSS. 96pp.
- Cahill, J. 1990. Descripción fenotípica del cuy nativo boliviano (*Cavia aperea f. porcellus*). Tesis Lic. En Biología. Facultad de Ciencias y Tecnología – UMSS. 195pp.
- FAO – UNEP. 1997. Lista Mundial de Vigilancia para la Diversidad de los Animales Domésticos. 2da. Edic. Trad. Alberío, R. Roma. 417pp.
- Gómez, M. Importancia de la conservación de las razas autóctonas domésticas en Euskadi. Feria Internacional de Bilbao. España. <http://www.euskonews.com/0029zbk/gaia2904es.html>. Fecha de consulta on line: Abril/2010.
- Gonzáles, L. 2008. Caracterización morfométrica y fenotípica en poblaciones y líneas de cuyes del Proyecto MEJOCUY. Tesis de Lic. En Biología. Facultad de Ciencias y Tecnología – UMSS. 107 pp.
- Loma, K. 2001. Determinación de índices de producción en cuyes de la línea de conservación de germoplasma nativo (*Cavia aperea f. porcellus*) Proyecto MEJOCUY. Tesis para obtener el Grado de Magíster en Proyectos de Investigación. CEDEGES – UMSS. 98pp.
- Spotorno, A. J. Marín, G. Manríquez, P. Valladares, E. Rico y C. Rivas. 2006 Ancient and modern steps during the domestication of guinea-pigs (*Cavia porcellus* L.) Journal of Zoology. <http://www.blackwell-synergy.com/doi/abs/10.1111/j.1469-7998.2006.00117>.



Oficina INIAF nacional :
Calle Batallón Colorados Nº 24
Edif. El Cóndor, piso 16
Teléfonos (591) 2 2441153 - 2 2441608
www.iniaf.gob.bo - contacto@iniaf.gob.bo
Casilla postal 4793
Fax 2 113629
La Paz - Bolivia

www.iniaf.gob.bo

