

REVISTA DE AGRICULTURA

CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS Y FORESTALES

Contenido

DESARROLLO DE TECNOLOGÍAS:

Herencia y relación genética entre tipos de vaina normal, snap y snow en arveja (*Pisum sativum* L.). *Fernando Villca; Melicio Siles; Raúl Ríos; Claudia Rivas* (pp. 1-10)

Adaptabilidad de híbridos de tomate determinado [*Solanum lycopersicum* L. (Mill.)] en el Valle Bajo de Cochabamba. *Julio Gabriel; Celier Nuñez; Ada Angulo; José Velasco* (pp. 11-20)

Control biológico del coleóptero del maíz *Pagiocerus* sp. con *Beauveria bassiana* en condiciones de laboratorio. *Rene Andrew; Rosario Llerena; Silvia Quiroga* (pp. 21-28)

Evaluación de coberturas vegetales para el control de la erosión y como cultivos trampa para nematodos que atacan al cultivo de papa. *Noel Ortuño; Eulogio Guarachi; Ruddy Meneses* (pp. 29-36)

Protocolo para la propagación *in vitro* de la castaña (*Bertholletia excelsa*). *Gabriela Ancasi; Julio Montero; Ronald, Maygua; Israel Muñoz; Fabián Usnayo* (pp. 37-42)

Comportamiento agronómico de diez variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en cultivo hidropónico. *René Cabezas; Simón Rojas; Gino Aguirre* (pp. 43-46)

Comportamiento de plántulas de tomate sembradas en sustratos a base de humus de lombriz, compost y cascarilla de arroz. *Marvel Navia; Víctor Pedrazas* (pp. 47-52)

Desarrollo de un modelo predictivo de distribución geográfica de cacao (*Theobroma cacao*) en comunidades indígenas del Trópico de Cochabamba. *Esther Rojas; Jhonny Torrez; Jorge Rojas* (pp. 53-60)

Evaluación de medios de cultivo y condiciones operacionales de fermentación para la producción masiva de *Bacillus subtilis* en cultivo sumergido. *Ivia Montaña; Mayra Claros; Noel Ortuño* (pp. 61-68)

Metodología para la selección de catadores de café. *Wilson Yapu; Félix Chambi* (pp. 69-77)

ACTUALIDAD NACIONAL:

Ensilaje de tatora en el lago Titicaca, para su conservación, en la cuenca lechera de Cachilaya, en Batallas (La Paz). *Franz Gutiérrez; Ruddy Meneses; Franz Terrazas; Milton Pinto; Juana Flores* (pp. 78-84)



Instituciones responsables de la presente publicación:

Instituto de Investigaciones de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias, "Martín Cárdenas" (UMSS).

Centro de Investigación en Forrajes "La Violeta" (CIF-UMSS).

Fundación para la Promoción e Investigación de Productos Andinos (PROINPA).

LA REVISTA DE AGRICULTURA
ESTÁ INDEXADA EN LATINDEX
A PARTIR DEL AÑO 2016



Foto de la portada:

Apertura de silos elaborados con totora, a las orillas del lago Titicaca en La Paz (pp. 78-84)

Comité Revisor / Editor Revista de Agricultura:

Ing. Agr. Ph.D. Alberto Centellas
Ing. Agr. Ruddy Meneses
Ing. Agr. Ph.D. Julio Gabriel
Ing. Agr. Ph.D. Antonio Gandarillas

Traducciones

Ana María Cortez

Impresión

Impresiones Poligraf

Tiraje:

500 copias

PRESENTACIÓN

La Revista de Agricultura presenta un nuevo número con artículos que provienen especialmente del trabajo realizado por la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias de la Universidad Mayor de San Simón, a través de investigadores, que también cumplen la labor de docentes, junto a estudiantes que coadyuvan en éstas, con sus trabajos de tesis, y también de quienes se suman a este propósito, como es el caso de algunas instituciones que realizan investigación diversa en nuestro país, en temas del rubro agropecuario y forestal.

Con la información generada y publicada, la Revista de Agricultura pretende contribuir a la generación de ciencia y tecnología en ámbitos tan amplios como la geografía boliviana. Así en el presente número, se tiene trabajos que abarcan el Trópico, Valles y Altiplano de Bolivia y con temas tan diversos como, por ejemplo, la castaña y la totora.

Sabemos que la generación del conocimiento científico de un país, es parte importante del desarrollo económico de éste, y por ello la información debe llegar a los espacios donde sea utilizada, para lograr gradualmente avances en tecnología y aplicación de ésta, en beneficio del productor agropecuario del país.

La Revista de Agricultura es un medio de divulgación de información en el área agropecuaria y forestal, donde se publica artículos de investigación y notas científicas, pero no limitado en estas áreas priorizadas. Los artículos están escritos en idioma español, pero también son aceptados en idioma portugués e inglés. La calidad de la Revista es certificada a través de arbitraje por pares, tanto así que a partir del año 2016, se encuentra indexada en LATINDEX.

Agradecemos a todos quienes hicieron posible la presente publicación. Un agradecimiento especial al Comité Editor y Revisor. Invitamos a quienes deseen compartir resultados de investigación, a publicar en la Revista de Agricultura.

Alberto Centellas Quezada
Presidente del Comité Editor

REVISTA DE AGRICULTURA

Los Editores han sido muy cuidadosos en reproducir rigurosamente los artículos publicados en esta Revista. Sin embargo, las ideas y opiniones contenidas en dichos artículos, son de entera responsabilidad de los autores y no representan, necesariamente, los puntos de vista de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias "M. Cárdenas", de la Universidad Mayor de San Simón.

Se permite la reproducción total o parcial y por cualquier medio, de los artículos de la presente Revista, siempre y cuando se cite la fuente.

Herencia y relación genética entre tipos de vaina normal, *snap* y *snow* en arveja (*Pisum sativum* L.)

Fernando Villca¹; Melicio Siles²; Raúl Ríos²; Claudia Rivas¹

¹ Universidad Mayor de San Simón, Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias;

² Centro de Investigaciones Fitoecogenéticas de Pairumani (CIFP)

E mail: msiles@supernet.com.bo

Resumen. La arveja de vaina comestible (*Pisum sativum* L. ssp. *sativum* var. *macrocarpon* Ser.), es un cultivo de gran valor económico a nivel mundial. Existen dos tipos de arveja con vaina comestible, la *snow* o china y la *snap*. Para mejorar variedades sin endocarpio, se debe conocer los factores genéticos que determinan sus características. Los objetivos del presente trabajo fueron: determinar los efectos genéticos y el número de genes que condicionan la vaina sin endocarpio en arveja; determinar los efectos genéticos y el número de genes que condicionan el grosor de vaina y determinar la independencia de los caracteres: presencia de endocarpio y grosor de vaina en la generación segregante. Para esto, dos progenitores tipo normal, dos tipo *snap* y tres tipo *snow*, se cruzaron en un diallelo parcial $p(p-1)/2$, obteniendo progenies F_1 , F_2 y retrocruzas por ambos progenitores, los mismos fueron evaluados para presencia de endocarpio y grosor de vaina. Los resultados indican que la presencia del endocarpio, en la vaina de arveja proveniente del CIFP, está determinada por dos alelos dominantes PPVV, y la ausencia de endocarpio en vainas tipo *snow* y *snap*, por la falta del alelo dominante en al menos uno de los dos loci P_vv, ppV_ y ppvv. El grosor de la vaina está determinado por un gen recesivo denominado "n", siendo N_ el genotipo de las vainas delgadas, y nn de vainas de pared gruesa. Los genes de presencia de endocarpio y grosor de vaina segregan de forma independiente.

Palabras clave: Efectos genéticos; Retrocruzas; Diallelo; Endocarpio

Summary: Inheritance and genetic relationship between types of snap and snow normal pod in pea (*Pisum sativum* L.) The pea with edible pod (*Pisum sativum*) is a crop of great economic value worldwide. There are two types of pea with edible pod, snow or china and snap. To improve varieties without endocarp, it is necessary to know the genetic factors that determine their characteristics, therefore, the objectives of the present work were: to determine the genetic effects and the number of genes that condition the pod without endocarp in pea; determining the genetic effects and the number of genes that condition the pod thickness in pea and to determine the independence of the characters: presence of endocarp and pod thickness in the segregating generation. For this, two normal type of progenies, two snap-type and three snow-type, were crossed in a partial diallel $p(p-1) / 2$, obtaining progenies F_1 , F_2 and backcrosses from both progenitors, the ones that were evaluated for the presence of endocarp and pod thickness. The results indicate that the presence of the endocarp in the pea pod from the CIFP is determined by two PPVV dominant alleles; and the absence of endocarp in snow and snap pods, due to the lack of the dominant allele in at least one of the two loci P_vv, ppV_ and ppvv. The thickness of the pod in pea is determined by a recessive gene called "n", being N_ the genotype of thin pods, and nn of thick-walled pods. The genes of endocarp and pod presence and pod thickness segregate independently.

Keywords: Genetic effects; Backcross; Diallel; Endocarp

Introducción

La arveja (*Pisum sativum* L.), es una leguminosa producida y consumida a escala mundial. A diferencia de la arveja común, existen otras como las arvejas para consumo en vaina, que son las arvejas que carecen de endocarpio. Dentro de este grupo se encuentran dos tipos, el *snow* o chinas y el *snap*, estas dos se diferencian por el grosor de la pared de la vaina, a diferencia de la tipo *snow*, la *snow* mantiene un perfil delgado y alargado (Myers *et al*, 2001).

Las cualidades de la arveja sin endocarpio (*Pisum sativum* L. *ssp. sativum* var. *macrocarpon* Ser.), radican en sus vainas; estas carecen de endocarpio y presentan un alto contenido de agua, un bajo valor energético, contenidos altos de P, Fe y vitaminas, especialmente A, siendo además una excelente fuente de fibra.

En los últimos años se ha incrementado la demanda de arveja para consumo en vaina en países como Estados Unidos, Canadá y en la comunidad Europea, principalmente Reino Unido, Holanda y Bélgica, los principales proveedores de estos mercados son Guatemala, México, Ecuador, Perú, Chile, Zimbabue, Kenia y Zambia (SICA/MAG, 2001).

En Sudamérica, el principal exportador de arveja en vaina es Guatemala, el año 2010 exportó 32.642,75 TM de arveja de vaina comestible, con un valor de \$us 33,7 millones, el 77% de la exportación fue hacia Estados Unidos y el restante 33% ingresó a mercados de Europa (MAGA, 2011).

En Bolivia, las arvejas de vaina sin endocarpio, podrían constituirse en un cultivo alternativo de gran importancia por el

mercado creciente. Además por sus cualidades de vaina, tanto en largo como ancho, constituyen un recurso genético importante para obtener variedades de arveja común con rendimientos superiores.

En el Centro de Investigaciones Fitoecogenéticas de Pairumani (CIFP), se cuenta con líneas de arveja con vaina *snow* y *snap* introducidas, recursos que pueden ser utilizados en programas de mejoramiento. Sin embargo, para aprovechar efectivamente este material, es importante primero conocer la herencia de cada característica de la vaina y la relación entre los tipos de vainas.

Por tanto, el trabajo de investigación tiene los siguientes objetivos:

- i) Determinar los efectos genéticos y el número de alelos que condicionan la vaina sin endocarpio en arveja.
- ii) Determinar los efectos genéticos y el número de alelos que condicionan el grosor de vaina en arveja.
- iii) Determinar la independencia de los caracteres presencia de endocarpio y grosor de vaina.

Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en la localidad de Pairumani, a 24 km de la ciudad de Cochabamba, a 2584 msnm. Se utilizaron siete genotipos provenientes del programa de mejoramiento de arveja del CIFP, con características muy variadas: Lincoln y Pairumani 3 (presencia de endocarpio y tipo de vaina normal), Round Podded Sugar y Alaska 28-57 W R (ausencia de endocarpio y tipo de vaina *snap*), Mammoth Melting Sugar, Chinese Snow Pea e Ita-14 (ausencia de endocarpio y tipo de vaina *snow*).

Entre mayo a septiembre del año 2010, los siete progenitores se cruzaron en un sistema de dialelo parcial $p(p-1)/2$, obteniendo un total de 21 cruzas.

La siembra de los progenitores se realizó en invernadero y de forma escalonada hasta alcanzar 12 fechas de siembra; se usó bolsas plásticas de 12'x15' como macetas, el sustrato consistió en una mezcla de materia orgánica y tierra del lugar en relación 1:1; se colocaron cinco golpes/bolsa y dos semillas/golpe. Los cruzamientos se realizaron utilizando la técnica desarrollada por Gritton (1980).

Para obtener las F_2 y retrocruzas, desde noviembre del año 2010, hasta abril de 2011 se sembró en invernadero los siete progenitores y parte de la semilla F_1 . La disposición fue de una columna del progenitor seguido de columnas con las cruzas en la que este se usó como femenino, así hasta el último progenitor. Las siembras se repitieron en intervalos de cinco días. Para el ataque de plagas en el invernadero se aplicó Dimetoato, en forma preventiva a dosis sugerida en el producto (15cc/20 l). El control de oídium se realizó aplicando Taspa (15cc/20 l).

El tamaño de la población se calculó utilizando la fórmula desarrollada por Muller (1954). Considerando que el carácter en las líneas indicadas está controlado por tres pares de alelos, el número de individuos o progenies F_2 necesarios para incluir en la muestra al menos un individuo de un genotipo con el 99% de seguridad es de 292 progenies F_2 . La población de progenies de retrocruzas necesarias para incluir en la muestra al menos un individuo de cada genotipo con un 99% de seguridad es de 35 progenies.

La siembra de evaluación se realizó en julio del año 2011. La semilla se sembró

a distancia de 25 cm, la distancia entre surcos fue de 45 cm y largo de surco de 3 m, se sembró toda la semilla F_1 , F_2 y retrocruzas obtenidas de cada cruza, dejando un surco libre entre generaciones y dos surcos libres entre cruzas.

El riego se aplicó de acuerdo a las necesidades del cultivo, el estado de humedad del suelo y de acuerdo a la disponibilidad de agua. El control de malezas se realizó manualmente.

Las evaluaciones de las progenies F_1 , F_2 y retrocruzas, se realizaron en campo durante agosto y septiembre del año 2011, las vainas se evaluaron a madurez comercial, cuando la vaina ha alargado, pero antes del desarrollo de la semilla en el tipo *snow*, vaina con paredes engrosadas y semilla en formación inmadura para el tipo *snap* y en vaina normal cuando vaina y semilla desarrollan totalmente, esta evaluación se realizó en una vaina tomada aleatoriamente de cada planta. La presencia de endocarpio se evaluó mediante la fractura longitudinal de la vaina y la verificación de la presencia de endocarpio, se clasificó con "0" sin endocarpio, "1" presencia espaciada de endocarpio y "2" presencia total de endocarpio.

El tipo de vaina se evaluó mediante un corte transversal de la vaina, según la presencia de endocarpio y forma al corte de la vaina se clasificó en normal, *snow* o *snap*.

Se utilizó la prueba de *Chi-cuadrado* (χ^2) para encontrar la independencia de la segregación de locus para presencia de endocarpio y grosor de vaina; además, del modelo que explique mejor las segregaciones observadas de presencia de endocarpio y tipo de vaina, por cada una y sobre todas las cruzas utilizando el PROC FREQ del SAS versión 6.12 (SAS

INSTITUTE. 1985), con la opción TESTP que permite indicar las proporciones esperadas de acuerdo al modelo genético propuesto.

Resultados y discusión

La cantidad de semilla obtenida F_1 y retrocruzas fue reducida, esto junto con una baja germinación derivó en la pérdida del total de las plantas F_1 de las cruzas Round Podded Sugar * Ita-14, las retrocruzas al primer progenitor de Lincoln * Round Podded Sugar, Round Podded Sugar * Mammoth melting Sugar, Round Podded Sugar * Chinese Snow Pea y Round Podded Sugar * Ita-14, y las retrocruzas al segundo progenitor de Lincoln * Round Podded Sugar, Round Podded Sugar * Ita-14, Alaska 28-57 * Ita-14, Mammoth Melting Sugar * Ita-14 y Chinese Snow Pea * Ita-14, motivo por el cual no se pudo evaluar ninguna característica de las mencionadas cruzas en dichas generaciones.

Presencia de endocarpio o pergamino

Las progenies F_1 de todas las cruzas dialélicas entre las líneas sin endocarpio del tipo *snap* y tipo *snow*, desarrollaron vainas sin endocarpio.

Las progenies F_1 de las cruzas entre genotipos de vaina con endocarpio y sin endocarpio (*snap* o *snow*) fueron de vaina con endocarpio; asimismo, las progenies de las cruzas entre progenitores con endocarpio o pergamino desarrollaron vainas con endocarpio. Estos resultados indican que la ausencia de endocarpio en la vaina está determinada por alelos recesivos.

Las progenies F_2 de las cruzas entre genotipos sin endocarpio fueron de vaina sin endocarpio, mientras nueve de las

diez poblaciones F_2 de las cruzas entre genotipos de vaina con endocarpio y sin endocarpio *snow* y *snap*, segregaron en una relación de tres con endocarpio y una sin endocarpio (3:1) con excepción de la cruzada Alaska 28-57 W R * Pairumani 3 que no se ajusta a dicha relación, estos datos muestran que en general la ausencia de endocarpio se debe a un alelo recesivo en un locus.

En la cruzada entre genotipos con endocarpio, las progenies F_2 desarrollaron todas las vainas con endocarpio. Por tanto estos resultados muestran que la vaina sin endocarpio estaría determinada por un par de alelos recesivos. La segregación sobre todas las cruzas se ajustaron a un modelo de segregación monogénico ($P = 0.096$) (Cuadro 1).

Las progenies de retrocruzas entre progenies F_1 de cruzas entre progenitores sin endocarpio a cada uno de los progenitores R_1 y R_2 , no segregaron para la presencia de endocarpio. En ocho de las 10 poblaciones de retrocruzas provenientes de progenitores con y sin endocarpio, se observó la segregación de 1:1, para la vaina con y sin endocarpio cuando el progenitor femenino es sin endocarpio y cuando el progenitor femenino es con endocarpio no existe segregación, obteniendo sólo genotipos con endocarpio (Cuadro 2).

Para la cruzada proveniente de genotipos con endocarpio, no existió ninguna segregación con ningún progenitor recurrente; además que las segregaciones de 1:1 ocurren en $P = 0.8676$, por lo tanto, estos resultados confirman que la ausencia del endocarpio en la arveja se acomoda a una segregación monogénica de 3:1 y es controlado por un locus con dos alelos recesivos.

Cuadro 1. Segregación de las progenies F₂ entre progenitores con endocarpio, sin endocarpio china y sin endocarpio *snap*

Cruza §	Endocarpio progenies F ₂		Proporción	χ^2	Pr($\chi^2 \geq \chi^2_c$)
	Presencia	Ausencia			
1 x 5	138	39	3 : 1	0.831	0.362
1 x 6	133	37	3 : 1	0.949	0.330
1 x 7	184	54	3 : 1	0.563	0.453
2 x 5	201	60	3 : 1	0.563	0.453
2 x 6	171	45	3 : 1	2.000	0.157
2 x 7	257	67	3 : 1	3.226	0.072
3 x 1	34	11	3 : 1	0.007	0.931
3 x 2	199	48	3 : 1	4.082	0.043
4 x 1	100	23	3 : 1	2.604	0.107
4 x 2	307	54	3 : 1	19.414	0.001
Total				14.825	0.096

§ 1 = Lincoln (p), 2 = Pairumani 3 (p), 3 = Round Podded Sugar (a), 4 = Alaska 28-57 WR (a), 5 = Mammoth Melting Sugar (a), 6 = Chinese Snow Pea (a), 7 = Ita-14 (a).

Cuadro 2. Retrocruzas R₁ y R₂ evaluadas para la ausencia de endocarpio

Cruza §	R ₁		R ₂		proporción		χ^2	Pr($\chi^2 \geq \chi^2_c$)
	pres	aus	pres	aus	R ₁	R ₂		
1*5	12	0	4	5	1:1		0.1111	0.7338
1*6	10	0	14	16	1:1		0.1313	0.7150
1*7	23	0	2	2	1:1		0.0000	1.0000
2*5	17	0	1	4	1:1		1.8000	0.1797
2*6	20	0	19	13	1:1		1.1250	0.2888
2*7	11	0	8	6	1:1		0.2857	0.5930
3*1	-	-	-	-	-			
3*2	2	0	32	0	-			
4*1	9	9	5	0	1:1		0.0000	1.0000
4*2	9	12	40	0	1:1		0.4286	0.5127
Total							3.8817	0.8676

1 = Lincoln (p), 2 = Pairumani 3 (p), 3 = Round Podded Sugar (a), 4 = Alaska 28-57 WR (a), 5 = Mammoth Melting Sugar (a), 6 = Chinese Snow Pea (a), 7 = Ita-14 (a).

Investigaciones sobre la presencia de endocarpio en arveja fueron realizadas por Mendel, Tachermak y Lock, encontrando una relación de 3:1 (White, 1917), de igual manera utilizando material de vaina normal y vaina *snow*, se obtuvieron resultados similares de herencia monogénica (Martinez, 2005); sin embargo, algunas investigaciones indican que al cruzar genotipos sin endocarpio, en la F₂ se presentaban plantas con endocarpio en una relación de 9:7 (White, 1917), por lo que se introdujo la teoría de un segundo gen implicado en la presencia de endocarpio, denominado “v”, de similar característica que el gen “p” y cuando ambos están presentes en la población, generan mayor cantidad de genotipos siendo PPVV presencia de endocarpio, PPvv produce manchas de endocarpio, ppVV produce endocarpio muy delgado, apenas visible y ppvv produce ausencia de endocarpio (Lamprecht, 1961).

De acuerdo al modelo planteado, de dos locus implicados en el carácter de presencia de endocarpio, la segregación en la generación F₂ de las cruza entre genotipos con presencia y ausencia esperada sería: 9 con presencia, 3 con manchas, 3 de endocarpio delgado y 1 con ausencia de endocarpio, considerando los genotipos P_vv, ppV_ y ppvv como plantas de vaina comestible, respectivamente la presencia del alelo dominante en ambos locus P_V_, determinaría la presencia del endocarpio.

Un trabajo anterior realizado con germoplasma del CIFP (Martinez, 2005), demostró segregación en la F₂ de 3:1, por lo que se asumió herencia monogénica del carácter para el material que dispone el Centro, pero durante las siguientes generaciones realizadas ya dentro del proceso de mejoramiento, se hallaron plantas con manchas de endocarpio. To-

mando en cuenta la presencia de dichas plantas y la relación 3:1 hallada, se debe considerar que los progenitores de ausencia de endocarpio tienen un genotipo de manchas PPvv o endocarpio delgado ppVV, y que la presencia de las manchas de endocarpio no son fácilmente reconocidas en los estados iniciales de la formación del grano, siendo que las evaluaciones se realizaron en dicho estado se puede considerar que las vainas de ausencia son en realidad vainas de manchas en un estado temprano de formación, otorgándoles el genotipo de manchas ppVV o PPvv, y al ser cruzados con los genotipos de presencia PPVV, segregan en la relación 3:1 observada, estos resultados estarían de acuerdo con otras investigaciones que aceptan la teoría del segundo gen “v” involucrado en la manifestación del endocarpio que se muestra reducido, concluyendo que en el germoplasma del CIFP están presentes ambos loci P y V y que las plantas catalogadas como ausencia de endocarpio, en realidad presentan características descritas como manchas, de acuerdo a la segregación obtenida en la cruza con genotipos de presencia de endocarpio PPVV y la segregación obtenida de 3:1, se debería otorgar a las líneas utilizadas en el presente estudio el genotipo de ppVV.

Este resultado justificaría la aparición de manchas de endocarpio en las poblaciones posteriores a la F₂ y la segregación de 3:1 encontrada en dos estudios realizados.

Tipo de vaina

Todas las progenies F₁ de la cruza entre las líneas de vaina normal desarrollaron vainas tipo normal, las progenies F₁ de la cruza entre las líneas de vaina tipo *snap* desarrollaron vainas tipo *snap*, las progenies F₁ de la cruza entre las líneas de

vaina tipo *snow* desarrollaron vainas tipo *snow*. Las progenies F₁ de las cruza entre genotipos de vaina normal y *snow*, desarrollaron vaina normal; Las progenies F₁ de la cruza entre las líneas de vaina normal y *snap* fueron de tipo normal. Las progenies F₁ de la cruza entre las líneas de vaina *snow* y *snap*, desarrollaron vainas tipo *snow*. Estos resultados indican que la vaina normal es dominante sobre la *snow* y *snap*, la vaina tipo *snow* es dominante sobre la vaina tipo *snap*; visto de otra manera se entiende que la

pared delgada de la vaina es dominante sobre la pared gruesa, por tanto, el carácter grosor de la vaina está determinado por alelos recesivos.

Las progenies F₂ de las cruza entre genotipos de vaina normal y *snow*, segregaron en vainas tipo normal y *snow* en relación de 3 normales y 1 *snow*, mostrando que al ser todas de pared delgada sólo segregó para presencia de endocarpio (Cuadro 3).

Cuadro 3. Segregación de las progenies F₂ entre progenitores normal * *snow*, normal * *snap* y *snow* * *snap* evaluados para tipo de vaina

Cruza §	Tipo vaina F ₂				Rel	χ^2	Pr($\chi^2 \geq \chi^2_c$)
	N	N-G	C	S			
1*5	149		37		3 : 1	2.5878	0.1077
1*6	134		40		3 : 1	0.3756	0.5400
1*7	184		54		3 : 1	0.6779	0.4103
2*5	200		65		3 : 1	0.0314	0.8592
2*6	171		45		3 : 1	2.0000	0.1573
2*7	257		67		3 : 1	3.2263	0.0725
3*1	27	5	9	4	9:3:3:1	2.5222	0.5217
3*2	165	29	40	14	9:3:3:1	5.0717	0.1666
4*1	80	21	20	3	9:3:3:1	13.0085	0.0046 ^{NS}
4*2	240	67	42	12	9:3:3:1	21.7359	0.0001 ^{NS}
3*5	56	1	93	20	3 : 1	3.2124	0.0731
3*6	19	3	100	25	3 : 1	1.6667	0.1967
3*7	14	6	61	20	3 : 1	0.0041	0.9489
4*5	1	2	329	65	3 : 1	15.1912	0.0001 ^{NS}
4*6	4	2	124	34	3 : 1	1.0211	0.3123
4*7	1	0	171	46	3 : 1	1.6728	0.1959
						8.899	0.1793
Total						7.59	0.02
						7.5771	0.1811

N = presencia de endocarpio y pared delgada; N-G = presencia de endocarpio y pared gruesa; C = ausencia de endocarpio y pared delgada; S = ausencia de endocarpio y pared gruesa.
 § 1 = Lincoln (N), 2 = Pairumani 3 (N), 5 = Mammoth Melting Sugar (C), 6 = Chinese Snow Pea (C), 7 = Ita-14 (C).

Las progenies F_2 de las cruzas entre genotipos de vaina normal y *snap*, segregaron tanto para presencia de endocarpio como para grosor de pared de vaina, dicha segregación en dos de las cuatro cruzas, mostró una relación de 9 normales, 3 con presencia de endocarpio y pared gruesa, 3 tipo *snow* y 1 tipo *snap* (Cuadro 4), acomodándose a la segregación independiente para dos genes; las cruzas (Alaska 28-57 WR * Lincoln y Alaska 28-57 WR * Pairumani 3) que no se acomodan a dicha relación muestran comportamiento parecido, pero las proporciones no se ajustan al esperado, esto podría deberse a la baja germinación de estas cruzas, 55%-67% del total de semilla sembrada.

Las progenies F_2 de las cruzas entre genotipos de vaina *snow* y *snap*, segregaron para el carácter grosor de pared, desarrollando vainas tipo *snow* y tipo *snap* en relación de 3 *snow* y 1 *snap* (Cuadro 3), demostrando que el carácter grosor de la pared de vaina, está determinado por un solo gen, siendo la vaina de pared delgada dominante sobre la pared gruesa. De acuerdo a investigadores anteriores se toma la denominación de “n” para el gen de grosor de vaina (Wellenseck, 1925). Por tanto, de acuerdo a los resultados obtenidos en la F_1 y F_2 , la falta de segregación entre genotipos de vaina con pared delgada, se propone que el genotipo de los progenitores con pared de vaina delgada es NN y de los progenitores con pared de vaina gruesa resultarían ser nn.

Las progenies de retrocruzas entre progenies F_1 de cruzas entre progenitores de vaina normal a cada uno de los progenitores, no segregaron para ausencia de endocarpio y pared de vaina gruesa; las progenies de retrocruzas entre genotipos de vaina *snow* a cada uno de los progeni-

tores, no segregaron en presencia de endocarpio y pared de vaina gruesa; las progenies de retrocruzas entre genotipos de vaina *snap* a cada uno de los progenitores, no segregaron en presencia de endocarpio y pared de vaina delgada; estos resultados indican que todos los progenitores con vaina normal, *snow* y *snap* son líneas con genotipos PPVVNN, ppVVNN y ppVVnn, respectivamente.

En todas las retrocruzas provenientes de genotipos normal y *snow*, se observó la segregación de 1:1 cuando el progenitor femenino es de genotipo *snow*, de igual manera en las retrocruzas de genotipos *snow* y *snap* se observó la segregación de 1:1 cuando el progenitor femenino es de genotipo *snap*, en una de las cuatro retrocruzas de genotipos normal y *snap*, se observó la segregación de 1:1:1:1 cuando el progenitor femenino es de genotipo *snap*, las cruzas restantes tenían pocas plantas vivas por lo que no se evidenció el total de fenotipos posibles teóricamente. Las segregaciones de grosor de vaina sobre todas las retrocruzas ($Pr \chi^2=0.044$) (Cuadro 4), confirma que las vainas de arveja tipo normal, *snow* y *snap* están controlados por dos alelos que determinan las características de presencia de endocarpio y grosor de vaina, siendo presencia de endocarpio dominante sobre la ausencia y vaina con pared delgada dominante sobre la vaina de pared gruesa, siendo el genotipo de la vaina normal, *snow* y *snap*: PPVVNN, ppVVNN y ppVVnn, respectivamente. Estos resultados confirman a otros obtenidos anteriormente, los cuales afirman que el grosor de la pared de la vaina está controlado por un par de alelos recesivos (nn), (Wellensick, 1925; Lamprecht, 1961 y Gritton, 1980).

Cuadro 4. Retrocruzas R₁ y R₂ evaluadas para tipo de vaina

Cruza §	R1				R2				Proporción		χ^2	Pr($\chi^2 \geq \chi^2_c$)
	N	NG	C	S	N	NG	C	S	R1	R2		
1*5	12		0		4		5		1:1		0.111	0.739
1*6	10		0		14		16		1:1		0.133	0.715
1*7	23		0		2		2		1:1		7.143	0.007
2*5	17		0		1		4		1:1		1.800	0.180
2*6	20		0		19		13		1:1		1.125	0.289
2*7	11		0		8		6		1:1		0.286	0.593
3*1	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
3*2	2	0	0	0	32	0	0	0	1:1:1:1		NC	
3*5			-	-			17	6	1:1		5.261	0.022
3*6			-	-			4	2	1:1		0.667	0.414
3*7			-	-				-	-			
4*1	3	6	1	8	5	0	0	0	1:1:1:1		6.444	0.092
4*2	8	1	0	12	40	0	0	0	1:1:1:1			
4*5			2	2			4	0	1:1		0.000	1.000
4*6			3	5			7	0	1:1		0.500	0.480
4*7			4	2			-	-	1:1		0.667	0.414
Total											24.137	0.044

N = presencia de endocarpio y pared delgada; N-G = presencia de endocarpio y pared gruesa; C = ausencia de endocarpio y pared delgada; S = ausencia de endocarpio y pared gruesa, NC = no calculado. § 1 = Lincoln (N), 2 = Pairumani 3 (N), 3 = Round Podded Sugar (S), 4 = Alaska 28-57 WR (S), 5 = Mammoth Melting Sugar (C), 6 = Chinese Snow Pea (C), 7 = Ita-14 (C).

Independencia de caracteres

De acuerdo al análisis de independencia, se revisó la segregación entre presencia de endocarpio y tipo de vaina; para ello se utilizó la progenie F₂ de las cruzas que involucran los caracteres de presencia de endocarpio y grosor de pared de vaina en sus diferentes estados, siendo las cruzas entre plantas de tipo normal (presencia de endocarpio con pared de vaina delgada) y plantas de tipo *snap* (ausencia de endocarpio con pared de vaina gruesa).

El análisis muestra que para cada una de las cruzas, los genes de presencia de endocarpio y grosor de vaina segregaron de forma independiente (Cuadro 5).

Conclusiones

- La presencia de endocarpio en la vaina de arveja proveniente del CIFP está determinada por dos alelos dominantes PPVV y la ausencia de endocarpio en vainas tipo snow y snap por la falta del alelo dominante en al menos uno de los dos loci P_{vv}, ppV y pppv.
- El grosor de la vaina en arveja está determinada por un gen recesivo, denominado “n”, por lo que N es el genotipo de las vainas delgadas y nn de vainas de pared gruesa.
- Los genes de presencia de endocarpio y grosor de vaina segregan de forma independiente.

Cuadro 5. Análisis de independencia entre genes de presencia de endocarpio y grosor de pared de vaina

Cruza §	A		P		χ^2	Pr χ^2
	d	g	D	g		
1 x 3	9	4	27	5	13.251	0.2497
1 x 4	20	3	80	21	0.7206	0.3959
2 x 3	40	14	165	29	35.516	0.0595
2 x 4	42	12	240	67	0.0043	0.9480

a = ausencia, p = presencia, d = delgado, g = grueso. § 1 = Lincoln, 2 = Pairumani 3, 3 = Round Podded Sugar, 4 = Alaska 28-57 WR.

Referencias citadas

- Gritton E. 1980. Field pea. American Society of Agronomy–Crop Science Society of America. 667 S. Segoe Road. Madison. WI 53711. Hybridization of crop plants. ASA-CSSA. Madison, WI. pp. 347-356.
- Lamprecht H. 1961. Die Genenkarte vos Pisum bei normaler Struktur del Chromosomen. Agr. Hort. Genet. 18:23-56.
- MAGA. 2011. El agro en cifras. Publicación anual. Guatemala. pp. 26.
- Martinez Y. 2005. Herencia de la vaina sin endocarpio en arveja (*Pisum sativum*). Tesis de grado para obtener el título de Licenciado en Biología. UMSS. FCyT. Cochabamba, Bolivia. 54 p.
- Muller H. 1954. Simple formula given the number of individuals requiriment for obtaining one of a given frequency. University of Texas.
- Myers J., Baggett J., Lamborn C. 2001. Origin, History and Genetic Improvement of the Snap Pea (*Pisum sativum* L.). In: Plant Breeding Reviews. Volume 21 (ed J. Janick). John Wiley & Sons. Inc. Oxford. UK.
- SAS Institute INC. 1985. SAS language: Reference. Version 6.12 First ed. SAS. Institute INC. Cary. NC.
- SICA/MAG. 2001. Agronegocios. Arveja China. *En línea*. Disponible en: www.sica.gov.ec/agronegocios/ Consultado en enero de 2016.
- Wellensieck S. 1925. Pisum crosses I. Genetica. 7:1-64.
- White O. 1917. Studies of inheritance in *Pisum*. The American Philosophical Society, vol. 56 No. 7 pp. 487-488.

Trabajo recibido el 19 de mayo de 2016 - Trabajo aceptado el 24 de julio de 2016

Adaptabilidad de híbridos de tomate determinado [*Solanum lycopersicum* L. (Mill.)] en el Valle Bajo de Cochabamba

Julio Gabriel ^{1,2}; Celier Nuñez ³; Ada Angulo ¹; José Velasco ¹

¹ Fundación PROINPA; ² PROMETEO, Universidad Estatal del Sur de Manabi UNESUM (Jipijapa, Ecuador); ³ Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias Universidad Mayor de San Simón (Cochabamba, Bolivia)

E mail: j.gabriel@proinpa.org

Resumen. En el periodo 2012 – 2013, se evaluó y seleccionó participativamente cuatro híbridos determinados de tomate, procedentes de ENZA ZADEN (Pawnee, Watonga, Morelia y Caddo) frente a Lía, testigo local ampliamente cultivado (de HASERA) con los objetivos de i) Evaluar y seleccionar participativamente nuevas variedades híbridas de tomate determinado en campo, ii) Evaluar en poscosecha los principales componentes asociados con las características organolépticas y de conservación en anaquel. Las parcelas se implementaron en tres comunidades del Valle Bajo de Cochabamba, en las que participaron unos 30 agricultores, comerciantes y consumidores finales. Los resultados mostraron que Pawnee y Watonga (tipo beef) fueron las mejores, pero no mejor que la variedad híbrida Lía en términos de resistencia a tospovirus (TSWV) y preferencia para el mercado. Los agricultores coinciden en que los tomates redondos sufren más en el transporte al mercado (muy sensibles al golpe), que los tomates tipo pera como Lía. En anaquel se observó que los híbridos Lía, Pawnee y Morelia fueron los que mejor duración tuvieron en 21 días en anaquel.

Palabras clave: Investigación participativa; Pos cosecha; Comercialización; Tospovirus

Summary. **Adaptability of determined tomato hybrids [*Solanum lycopersicum* L. (Mill.)] in the lower valley of Cochabamba.** In the period 2012-2013, four tomato hybrids from ENZA ZADEN (Pawnee, Watonga, Morelia and Caddo) were evaluated and selected separately from Lia, a widely cultivated local control (from HASERA) with the objectives of i) Evaluate and participatory select new hybrid varieties of tomatoes determined in the field; (ii) Evaluate in postharvest the main components associated with organoleptic characteristics and shelf storage. The plots were implemented in three communities in Cochabamba's Lower Valley, in which about 30 farmers, traders and final consumers participated. The results showed that Pawnee and Watonga (beef type) were the best, but no better than Lia hybrid variety in terms of tospovirus resistance (TSWV) and preference for the market. Farmers agree that round tomatoes suffer more during the transport to the market (very sensitive to the blow), than tomatoes pear-type like Lia. In the shelf, it was observed that hybrids Lia, Pawnee and Morelia were the ones that had the best duration in 21 days in the shelf.

Keywords: Participatory research; Post harvest; Commercialization; Tospovirus

Introducción

Bolivia tiene varias zonas y épocas de producción, ubicadas entre los 250 hasta

los 2.700 metros sobre el nivel del mar. El departamento con mayor superficie de producción de tomate es Santa Cruz, seguido por Cochabamba, Tarija, La Paz

y Chuquisaca. En general, se siembran variedades de hábito determinado, tanto híbridas como abiertas (polinización libre), exceptuando los departamentos de La Paz y Chuquisaca donde sólo se siembran variedades abiertas (Vásquez y Gallardo 2012).

Las zonas más adecuadas para obtener un producto de calidad, se encuentran desde los 1.000 hasta los 2.500 metros; a estas altitudes se logra un balance adecuado de temperaturas frescas y luminosidad, siendo estas las condiciones necesarias para el color intenso y alto contenido de azúcares y otros sólidos del fruto (Suarez y González 2013). La producción total promedio de tomate en el país es de 50.186 t/año. El consumo anual es de 90.627 t/año. Esto muestra que hay una demanda insatisfecha de 40.441 t.

El consumo *per cápita* por año en Bolivia es de 8,53 kg. El rendimiento promedio es de unos 13 t/ha, siendo uno de los más bajos en Latinoamérica (Vasquez y Gallardo 2012). Esto sugiere una deficiencia en el sistema de producción de tomate en Bolivia y esto puede deberse al limitado acceso a tecnología y buenas prácticas agrícolas (Suarez y González 2013).

En Bolivia se comercializa tomate madurado en planta, ya que no existen condiciones para almacenar y madurar al producto. La fluctuación del precio del tomate en Bolivia se explica por las zonas productoras, las épocas de siembra y las condiciones climáticas durante la producción. En el trópico, la producción de tomate se concentra durante el invierno y la cosecha se inicia en junio o julio hasta octubre. La reducción de siembra y los altos costos de producción por el ataque de plagas, costos de insumos y falta de mano de obra, hace que los precios del tomate aumenten considerablemente en

las fechas de producción de tomate (Suarez y González 2013). A pesar de que se cultivan variedades híbridas de tomate determinado, estas continuamente están siendo desplazadas por otras con mejores características, por lo que se debe continuar con la evaluación de la adaptación de nuevas variedades híbridas resistentes a enfermedades, plagas y factores abióticos, que tengan mayor potencial de rendimiento y de buenas características agronómicas (Gabriel *et al.* 2013) y que satisfagan la demanda de calidad de nichos particulares de mercado.

Por las razones mencionadas, en la presente investigación se evaluó participativamente el comportamiento de cuatro nuevas variedades híbridas de tomate determinado, todas procedentes de la empresa EMZA ZADEN (Holanda) y un testigo ampliamente cultivado, en tres comunidades distintas de la zona de El Paso, en el Valle Bajo de Cochabamba.

Los objetivos de la investigación fueron:

- i) Evaluar participativamente la adaptación de nuevas variedades híbridas de tomate determinado en campo.
- ii) Seleccionar participativamente las variedades con potencial para el mercado.
- iii) Evaluar en poscosecha los principales componentes asociados con las características organolépticas y de conservación en anaquel.

Materiales y métodos

Ubicación. La investigación fue realizada en tres comunidades de la zona de El Paso:

1) **Aransaya Este**, ubicado a 17°20' de latitud Sud y 66°15' de longitud Oeste, a una altura de 2.639 msnm.

2) **Aransaya Oeste**, ubicado a 17°20' de latitud Sud y 66°16' de longitud Oeste, a una altura de 2.663 msnm.

3) **Mosoj Rancho**, ubicado a 19°18' de latitud Sud y 66°16' de longitud Oeste, a una altura de 2.723 msnm.

Material vegetal. Se utilizó semilla sexual de cuatro variedades híbridas de tomate determinado, de la Empresa ENZA ZADEN de Holanda (ENZA ZADEN 2014) y un testigo de la Empresa HASERA de Israel, disponiéndose de una media de 500 semillas/variedad (Cuadro 1), que fueron pre-germinadas durante tres días en cámaras húmedas.

Para el almácigo de semilla, se utilizó bandejas de plástico de 128 alveolos de 15 cm * 20 cm, con hoyos de 10 cm, las cuales se limpiaron con agua y detergente

(50 ml de Cl/1 l de agua) durante 5 a 10 minutos.

Se preparó sustrato con cascarilla de arroz (30%), tierra vegetal (30%), lama libre de sales (30%) y estiércol (descompuesto) (10%), que se esterilizó en autoclave durante 35 minutos a 90°C. Se llenaron los hoyos (o alveolos) de las bandejas con el sustrato preparado, compactándolo para evitar la formación de bolsas de aire. Las semillas fueron sembradas en hoyos de 0,5 a 1 cm de profundidad y 0,75 cm de diámetro. Se depositó una semilla por hoyo y se cubrió con lama desinfectada, enseguida se regó a capacidad de campo.

Al mes después del almácigo, se realizó el transplante de las plantas a campo, se formaron platabandas niveladas de 1 * 14,4 * 0,40 m, se preparó el suelo y se aplicó una relación de 8 t/ha de estiércol bovino descompuesto.

Cuadro 1. Híbridos de tomate determinado, utilizados para la investigación

Nro.	Variedad	Origen	Características agronómicas
1	Watonga	ENZA ZADEN	<i>Vigoroso, híbrido de alto rendimiento, excelente calidad de consumo, resistencia moderada a TSWV</i>
2	Morelia	ENZA ZADEN	<i>Buena cobertura de hojas, uniforme, rojo atractivo, firme, forma pera del fruto, resistencia moderada a TYLCV</i>
3	Pawnee	ENZA ZADEN	<i>Precoz, frutos grandes, resistente al agrietamiento, resistencia moderada a TYLCV</i>
4	Caddo	ENZA ZADEN	<i>Planta compacta, uniforme, alta calidad de frutos, resistencia moderada a TYLCV</i>
5	Lía ^T	HASERA	<i>Planta compacta, frutos tipo pera, resistencia moderada a TSWV</i>

T = Testigo; ENZA ZADEN: Empresa holandesa; HASERA: Empresa israelí, TSWV: Tospovirus (virus del bronceado), TYLCV: Begomovirus (virus del rizado amarillo del tomate).

El trasplante de las plántulas en campo se realizó bajo un diseño de bloques completos al azar, en arreglo de filas y columnas, con cuatro repeticiones (Majumdar y Tamhane 1996), que luego fue analizado en series de experimentos (Martínez-Garza, 1988).

Cada unidad experimental tuvo una superficie de 10,08 m² con 36 plantas (12 plantas por surco) para tres surcos de 4,80 m de largo, 0,70 m de ancho y 0,40 m entre plantas, con calles de 1,20 m entre bloques. La superficie total de cada experimento fue de 315,53 m². El trasplante se hizo en hoyos de 0,15 m de profundidad. Durante el desarrollo del cultivo se controló las malezas en forma manual según el desarrollo de ellas. Para el control de plagas como la mosca blanca (*Frankliniella* sp.), pulguilla (*Epitrix* sp.), gusanos cortadores (*Agrostis* sp.) y polilla del tomate (tuta absoluta), se aplicó insecticidas sistémicos como el Imidacloprid (*Impacto*) a una dosis de 10 g/20 l, Lambda-cihalotrina (*Karate*) a una dosis de 15 cc/20 l, Clorfenapir (*Surfire*) a una dosis de 10 cc/20 l de agua.

Para las enfermedades de suelo causantes de chupadera (*Damping Off*) se aplicó el fungicida de contacto, en base a Captan (Merpan) a una dosis de 60 g/20 l. En campo se utilizó fungicidas sistémicos como el Metalaxyl (*Ridomil*) y fungicidas de contacto el Clorotaloni (*Bravo 500*) y Mancozeb + Cymoxanil (Curathane) a una dosis de 70 g/20 l, 60 g/20 l y 25 cc/20 l, respectivamente, para el control de enfermedades fungosas foliares causadas por *Phytophthora infestans* (mildiu) y *Alternaria solani* (tizón temprano). Finalmente se utilizó un bactericida a base de Kasugamicina (*Kasumin*) para el control de la peca bacteriana (*Clavibacter michiganensis* ssp. *michiganensis*) a una dosis de 40 cc/20 l, aplicado en el estadio

de fructificación. Durante todo el ciclo del cultivo se realizaron al menos ocho aplicaciones con plaguicidas.

Se realizó dos aporques, el primero a los 15 días después del trasplante, el segundo a los 45 días después del trasplante; en este aporque se aplicó el fertilizante químico 15-15-15, a razón de 10 g por planta. De igual manera se aplicó un fertilizante foliar (20-20-20) a razón de 60 g/20 l, a intervalos de 15 días.

En la poda se dejaron cuatro ramas principales, eliminando las restantes al igual que las hojas. El tutoraje se realizó después de la poda, poniendo dos filas de alambre galvanizado Nro. 18, a ambos lados de la planta, para que éstas se mantengan firmes. Los alambres fueron tesaos en bolillos firmes plantados a los extremos de cada surco. Para evaluar las características agroindustriales, se implementó un experimento en diseño completamente aleatorio, con sub muestreos cada siete días, durante 21 días en anaquel, para esto se recolectaron 12 frutos por variedad en el estado fenológico de 1/3 verde y 2/3 maduro (pintonas) de tamaño y peso parecido.

Variables de respuesta. Las variables de respuesta fueron:

Rendimiento (t/ha).

Peso de frutos (g) medidos en una balanza electrónica de precisión.

Textura (kg) que se evaluó con texturómetro marca EFFEGI-FT 327.

Grados Brix, medidos con un refractómetro marca HAND – HELD 32.

pH se determinó con un Ph-metro (IPGRI 2008).

Sobre la base de los modelos utilizados, se realizaron análisis de varianza para probar hipótesis de los efectos fijos y comparaciones de medias, mediante contrastes de un grado de libertad para determinar las variedades híbridas con mejores características agronómicas y agroindustriales.

El análisis de varianza también sirvió para estimar los componentes de varianza para los efectos aleatorios. Los análisis indicados se realizaron utilizando el Proc MIXED y GLM del SAS (SAS, 2004). Se realizó análisis de regresión para las variables en anaquel, para determinar la tendencia de estas en el tiempo, aplicando el Proc reg del SAS. De igual manera se realizó un análisis de correlación de Pearson para detectar relaciones entre las variables evaluadas, aplicando el Proc corr del SAS (SAS 2004).

Evaluaciones participativas. Se realizarán evaluaciones participativas en floración y cosecha, con agricultores y consumidores, utilizando técnicas como el orden de preferencia y la matriz de preferencia (Ashby 1991).

La aplicación de estas metodologías participativas permitió observar actitudes favorables de los involucrados, quienes expresaron interés en formar parte del proceso, con sus criterios y toma de decisiones sobre la selección de las variedades híbridas de tomate, que respondan a sus necesidades (INIAP 2001).

Resultados y discusión

Evaluación del rendimiento en campo.

El análisis del rendimiento, mostró que el CV fue de 14,09% y el R^2 fue de 0,80, indicando esto que hubo un buen control de las fuentes de variación y el modelo

fue apropiado para este tipo de experimentos.

El coeficiente de determinación (R^2) denotó que el 80% de la varianza está explicada por los datos obtenidos y apenas el 20% de la varianza se debe a factores ambientales.

El análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas ($P<0,01$) de probabilidad para el factor “localidades”, esto indica que los ambientes fueron diferentes. Hubo también diferencias significativas al $P<0,05$ para la interacción Variedades * Localidades, indicando esto que al menos una de las variedades muestra interacción con los ambientes.

No se observó diferencias significativas para el factor “variedades”, esto indica que todas las variedades se comportaron de la misma manera dentro las localidades.

El análisis de medias de rendimiento para las variedades de tomate, en las tres localidades (Figura 1), mostró que algunas variedades tuvieron diferencias significativas al $P<0,05$ de probabilidad entre las localidades, así por ejemplo la variedad Watonga interacciona con los ambientes y mostró los mayores rendimientos (14 t/ha) en la localidad de Aransaya Este, respecto de las localidades de Aransaya Oeste (8 t/ha) y Mosoj Rancho (5 t/ha).

Es notorio observar que Watonga fue superior en rendimiento (14 t/ha) en la localidad de Aransaya Este en referencia al testigo Lía (10 t/ha), pero no se observó diferencias significativas entre estas variedades en las otras localidades. Las variedades Morelia, Pawnee y Lía, no mostraron diferencias significativas entre localidades, lo que indica que no interaccionan con los ambientes. En cambio la

variedad Caddo si mostró diferencias significativas de rendimiento (3 a 12 t/ha) entre localidades, siendo también una variedad que interacciona con los ambientes.

Evaluación en anaquel. En el análisis de anaquel, se observó que el CV para peso (g), textura (kg), grados brix y pH, fue de 11,70%, 10,98%, 40,01% y 2,10%, respectivamente, indicando esto que el modelo utilizado para el análisis fue el apropiado para este tipo de experimentos.

El Coeficiente de Determinación (R^2) fue de 0,96, 0,84, 0,59 y 0,88 para peso (g), textura (kg), grados brix y pH, respectivamente, denotando esto que el 59% a 96% de la varianza, está explicada por los datos obtenidos y apenas el 4% a 40% de la varianza se debe a factores ambientales.

El análisis de varianza para peso (g), textura (kg) y pH, mostró diferencias altamente significativas ($P < 0,01$) para los factores variedad y tiempo, pero no hubo diferencias para la interacción Variedades * Tiempo. Esto indica que las variedades no tuvieron el mismo comportamiento para peso (g), textura (kg) y pH en el tiempo, observándose que al menos una de las variedades fue diferente a las otras respecto de las variables evaluadas.

No hubo diferencias significativas para grados brix, indicando esto que todas las variedades tuvieron el mismo comportamiento en el tiempo.

El análisis de medias para peso de fruto (g) en anaquel (Figura 2) mostró diferencias significativas al $P < 0,05$ de probabilidad entre variedades, observándose que el mayor peso de fruto fue para Watonga (120 g) respecto de las variedades Lía (100 g), Caddo (90 g) y Pawnee (85 g) que no fueron significativamente diferentes entre sí, pero fueron significativamente diferentes a la variedad Morelia que tuvo el menor peso de fruto (60 g).

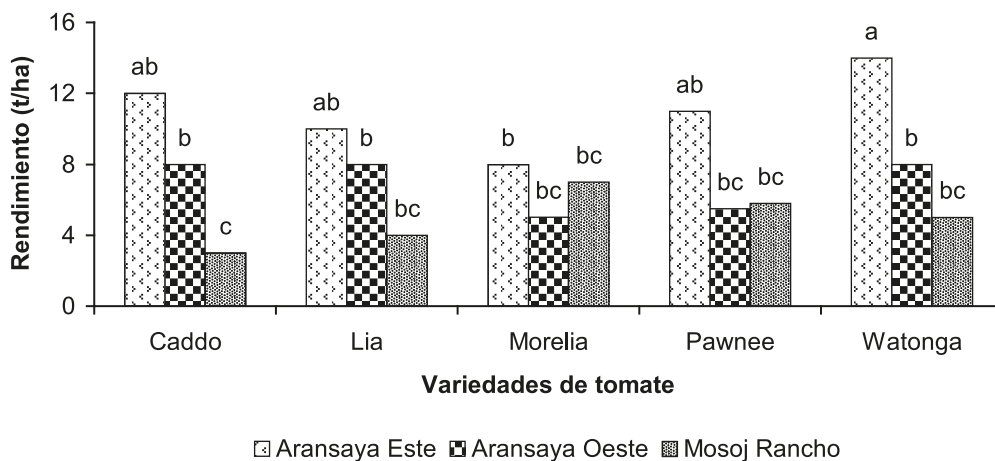


Figura 1. Rendimiento promedio en t/ha de variedades híbridas de tomate en tres localidades (Cochabamba, 2014)

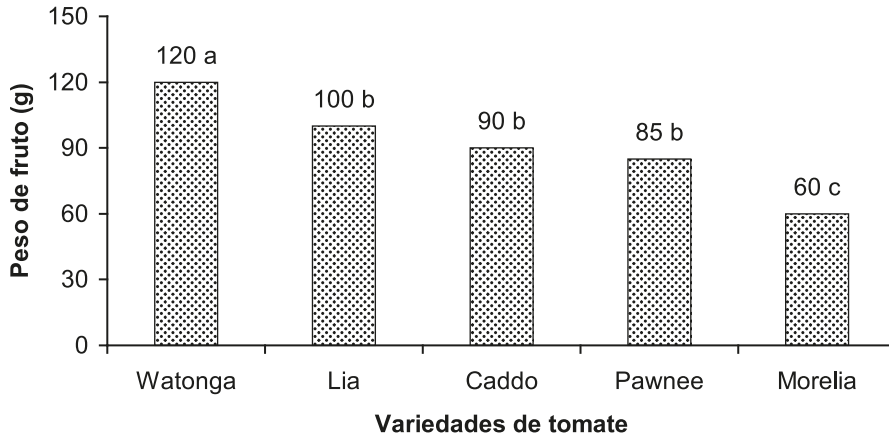


Figura 2. Peso de fruto (g) en anaquel de cinco variedades de tomate durante 21 días (Cochabamba, 2014)

Se realizó un análisis de regresión lineal del peso de fruto (g) respecto de los días después de la cosecha en anaquel, observando un ajuste significativo al $p < 0,05$ de probabilidad de la línea de tendencia para todas las variedades (Figura 3).

Fue notorio observar que todas las variedades pierden peso de fruto, y que la pérdida de peso en el tiempo está relacionada con el peso del fruto (g).

La variedad Watonga es la que menos pérdida mostró en el tiempo, observando se que al inicio tuvo 130 g de peso de fruto, llegando a 95 g a los 21 días en anaquel. La variedad Lía tuvo 110 g al inicio y terminó con 90 g a los 21 días en anaquel. Las variedades Caddo y Pawnee tuvieron un comportamiento parecido, iniciaron con cerca de 90 g de peso de fruto y terminaron con cerca de 80 g a los 21 días en anaquel. La variedad Morelia fue la que menos peso de fruto tuvo al inicio (70 g) y terminó con cerca a 40 g de peso de fruto a los 21 días en anaquel.

Respecto a la textura (kg) que es la capacidad del fruto de estar firme en el tiempo, se observó que la variedad testigo Lía fue la mejor, mostrando diferencias significativas al $P < 0,05$ de probabilidad para textura (5 kg) que las variedades Caddo (2 kg) y Watonga (2 kg). Aunque no hubo diferencias significativas con las variedades Pawnee (4 kg) y Moleria (4 kg). Esto indica que Lía, Pawnee y Morelia tienen una buena capacidad de mantener la firmeza de sus frutos por el tiempo de 21 días.

En general todas las variedades pierden textura en el tiempo, en un promedio de 5,5 kg al inicio hasta 2,5 kg a los 21 días en anaquel.

También se realizó un análisis de regresión lineal para textura (kg) respecto de los días después de la cosecha en anaquel, observando un ajuste significativo al $P < 0,05$ de probabilidad de la línea de tendencia para todas las variedades (Figura 4).

Se denotó que la variedad Lía es la que mejor firmeza tuvo en anaquel después de 21 días, confirmando lo observado en el análisis de medias.

En referencia al pH, en general, todas las variedades incrementan su pH ácido en el tiempo, iniciando de un pH = 4, terminando en un pH = 4,8 a los 21 días en anaquel.

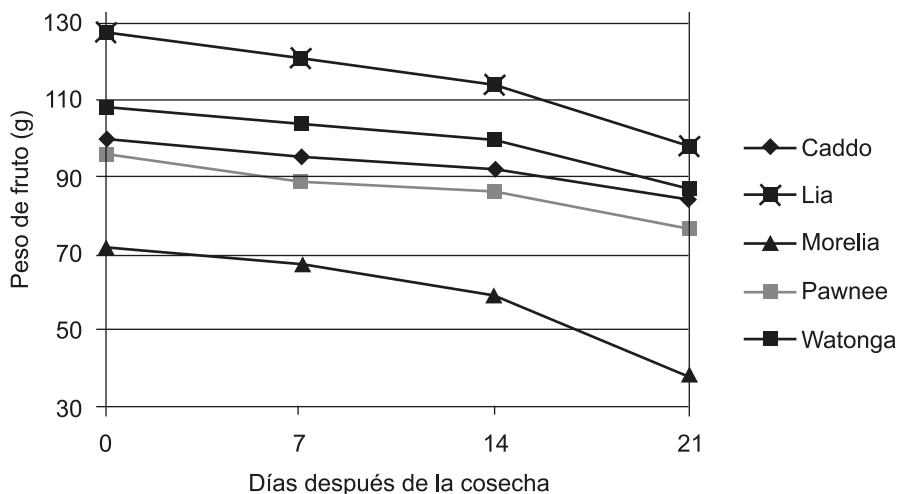


Figura 3. Tendencia del peso de fruto (g) en anaquel en cinco variedades de tomate durante 21 días (Cochabamba, 2014)

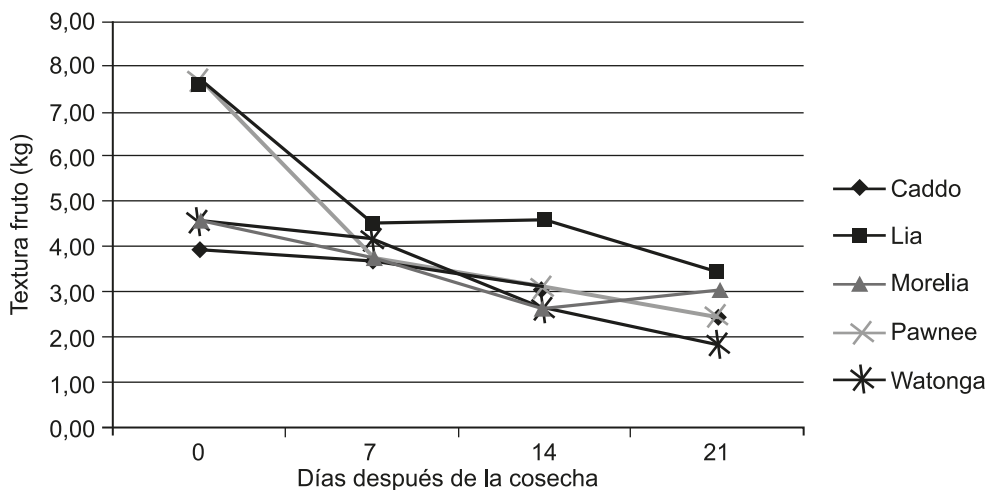


Figura 4. Tendencia en el tiempo de la textura de fruto (kg) en anaquel para cinco variedades de tomate durante 21 días (Cochabamba, 2014)

El análisis de regresión lineal para pH, en referencia de los días después de la cosecha en anaquel, se observó que se ajusta significativamente al $P < 0,05$ de probabilidad a la línea de tendencia lineal para todas las variedades. Se observó que la variedad Pawnee tuvo un menor incremento de pH de 3,90 al inicio hasta anaquel 4,70 a los 21 días. En cambio la variedad testigo Lía, inicia con un pH de 4,30 e incrementa hasta 5,95 aproximadamente a los 21 días de anaquel. La variedad que incrementó drásticamente su pH, fue la variedad Watonga, que al inicio tuvo un pH de 4,15 e incrementó hasta un pH de aproximadamente 5,10.

El análisis de correlación de Pearson para las variables evaluadas en anaquel (Cuadro 2), mostró una correlación negativa moderadamente significativa entre grados brix y pH. Esto indicaría que a medida que se incrementan los azúcares en el fruto, baja el pH de los mismos. En las demás variables no se observó correlaciones importantes.

Conclusiones

- Las variedades Pawnee y Watonga (tipo beef) fueron las mejores, pero no mejor que la variedad Lía en resistencia al tospovirus (TSWV) y en cuanto a preferencia para el mercado.
- Los agricultores coinciden en que los tomates redondos sufren más en el transporte al mercado, que los tomates tipo pera como Lía.
- En anaquel se observó que los híbridos Lía, Pawnee y Morelia, fueron los de mayor duración, llegando a los 21 días en anaquel.

Referencias citadas

- Ashby J. 1991. Manual para la evaluación de tecnología con productores. Proyecto de Investigación Participativa en Agricultura (IPRA), Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia. 102 p.
- ENZA ZADEN. 2014. Vegetable seed catalogue. Enkuizen, The Netherlands. 168 p.
- Gabriel J., López E., Magne J., Angulo A., Luján R., La Torre J., Crespo M. 2013. Genetic basis of inheritance for morphological, agronomic and agroindustries characteristics in hybrid tomato *Solanum lycopersicum* L. (Mill). *J. Selva Andina Biosph.* 1(1):37-46.
- INIAP. 2001. Participación y género en la investigación agropecuaria. Guía de investigación participativa y análisis de género para técnicos/as del sector agropecuario. Quito, Ecuador. 128 p.
- IPGRI. 2008. Descriptores para el tomate (*Lycopersicon* spp.). Bogota, Colombia. 49 p.
- Majumdar D., Tamhane A. 1996. Row-column designs for comparing treatments with a control. *J. Stat. Plan. Inf.* 49: 387-400.
- Martínez-Garza A. 1998. Diseños experimentales: Métodos y elementos de teoría. Editorial Trillas. México DF, México. 756 p.
- SAS Institute Inc. 2004. SAS/STAT Users Guide, Version 9.2, Fourth Edition, Vol. 2, SAS Institute Inc., Cary, N.C.
- Suarez S., Gonzáles C. 2013. Desarrollo y valoración de recursos genéticos de *Lycopersicon* spp. para su utilización en mejoramiento genético de solanáceas frente a estrés biótico y abiótico. CIAT, Bogotá, Colombia. 45 p.
- Vásquez V., Gallardo G. (eds.). 2012. Compendio agropecuario; observatorio agroambiental y productivo 2012. MDRyT, Estado Plurinacional de Bolivia. La Paz, Bolivia. 403 p.

Cuadro 2. Análisis de correlación de Pearson de variables de interés para la agroindustria

Variables	Peso	Textura	Grados Brix	pH
Peso	1,00	0,10	0,01	-0,17
Textura		1,00	0,29	-0,29
Grados Brix			1,00	-0,49**
pH				1,00

** : Altamente significativo al $P < 0,01$ de probabilidad.

Los números en negrilla indican las correlaciones significativas encontradas.

Trabajo recibido el 16 de junio de 2016 - Trabajo aceptado el 29 de julio de 2016

Agradecimiento:

Los autores agradecen a la Empresa ENZA ZADEN por haber proporcionado la semilla de las variedades de tomate y a NUFFIC-WAU de Holanda por el apoyo financiero para desarrollar esta investigación.

Carrera de Ingeniería Agronómica de la FCAYP

Rumbo a la III Acreditación ARCU-SUR (2017- 2022)

La Acreditación es el resultado de una inicial auto evaluación, luego un proceso de evaluación externa por pares académicos, y finalmente un dictamen final. Mediante este proceso, se certifica la calidad académica de las carreras de grado, estableciendo si satisfacen o no el perfil del egresado y los criterios de calidad previamente aprobados a nivel regional para cada titulación. Países del MERCOSUR, a través de sus organismos competentes, reconocen mutuamente la calidad académica de los títulos otorgados por instituciones universitarias, cuyas carreras hayan sido acreditadas conforme a este sistema, con una vigencia determinada, en este caso para el periodo 2017 a 2022.

Para la realización de la Acreditación, debe haber una cultura de evaluación y auto evaluación, para la mejora continua de acuerdo a los estándares nacionales e internacionales, además se busca que los integrantes (autoridades, docentes, estudiantes y administrativos), asuman una actitud pro activa y posean apertura para ser evaluados, para cambiar y para mejorar el proceso educativo en cuatro dimensiones: *Contexto Institucional, Proyecto Académico, Comunidad Académica e Infraestructura.*

A la fecha, nuestra **Carrera de Agronomía**, se encuentra realizando todas las etapas para esta tercera Acreditación, con un equipo base, junto a docentes, administrativos y estudiantes, para llevar adelante este nuevo desafío y reto para la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias de la UMSS, el cual deberá concluir este año 2017.

Control biológico del coleóptero del maíz *Pagiocerus* sp. con *Beauveria bassiana* en condiciones de laboratorio

Rene Andrew¹; Rosario Llerena²; Silvia Quiroga³

¹ Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias (FCAYP);

² Técnico de Fiscalización y Laboratorio INIAF Cochabamba; ³ Consultora

E mail: reneandrew22@yahoo.es

Resumen. Con el objeto de evaluar su eficiencia como biocontrolador de *Pagiocerus* sp., se realizó un bioensayo con el hongo *Beauveria bassiana*. Las larvas y adultos de este insecto realizan daños en maíz almacenado. En laboratorio, el insecto fue criado con el objeto de obtener adultos de una misma generación, y el hongo fue aislado y multiplicado con el objeto de realizar el bioensayo. Se utilizó un aislado de *B. bassiana* en cuatro diferentes dosis, a más de un tratamiento testigo con solución de Tween 80 al 0,2%. Se aplicó un diseño completamente al azar con 5 tratamientos y 4 repeticiones. Se utilizaron 20 adultos del coleóptero por tratamiento, después de lavarlos se los desinfectó sumergiéndolos en hipoclorito de sodio al 1%, posteriormente se los sumergió en los diferentes tratamientos. Una vez secos se infestó el maíz que estaba en frascos pequeños de plástico transparente. Se evaluó la mortalidad de los adultos a los 5 días de inicio del bioensayo, posteriormente cada día hasta 26 días del inicio del bioensayo. Mediante la prueba de Duncan, se observó que todos los tratamientos son diferentes al testigo, habiéndose obtenido la mayor eficiencia con el tratamiento B: $1,35 \times 10^7$ conidias por mililitro, en solución de Tween 80 al 0,2%.

Palabras clave: Biosensayo; Hongos; Biocontroladores

Summary. Biological control of the *Pagiocerus* sp. maize with *Beauveria bassiana* under laboratory conditions. In order to evaluate its efficiency as a biocontroller of *Pagiocerus* sp., a bioassay with the fungus *Beauveria bassiana* was carried out. The larvae and adults of this insect do damage to stored maize. In the laboratory, the insect was raised in order to obtain adults of the same generation, and the fungus was isolated and multiplied in order to perform the bioassay. A *B. bassiana* isolate was used in four different doses, at more than one control treatment with 0.2% Tween 80 solution. A completely randomized design was applied with 5 treatments and 4 replicates. Twenty adults of the coleoptera were used per treatment. After washing, they were disinfected by immersing them in 1% sodium hypochlorite; then they were immersed in the different treatments. Once dried, maize, which was in small transparent plastic jars, was infested. The mortality of adults was evaluated 5 days after the bioassay was started. Later, each day until 26 days after the bioassay was started. The Duncan test showed that all treatments were different from the witness, with the highest efficiency with treatment B: 1.35×10^7 conidia per milliliter, in 0.2% Tween 80 solution.

Keywords: Bioassay; Fungi; Biocontrollers

Introducción

Las larvas y adultos del coleóptero del maíz, recientemente identificado como *Pagiocerus* sp., provocan daños en maíz almacenado, consumen el interior de los granos constituido por el endosperma y el germen. Se ha observado a simple vista, en granos de maíz blanco, que las larvas por el color crema que tienen, son difíciles de detectarlas, pero no así los adultos que fácilmente se observan en el interior de los granos, porque son de color café a café oscuro. Los granos quedan totalmente vacíos apreciándose solo el pericarpio (cascara) (Figura 1). A medida que pasa el tiempo, se observa que los granos se

van apelmazando por efecto de la “especie” de harina, resultante de los daños y de las heces fecales de la plaga, que son la consecuencia del consumo de los granos.

Los adultos son de color café, miden aproximadamente 2,5 mm de largo (Figura 2), se caracterizan por sus antenas capitadas, observándose suturas curvas en los últimos segmentos finales, este tipo de antenas se caracterizan porque repentinamente son agrandadas, formando una “especie” de cabeza en la parte final de la antena (Figura 3).

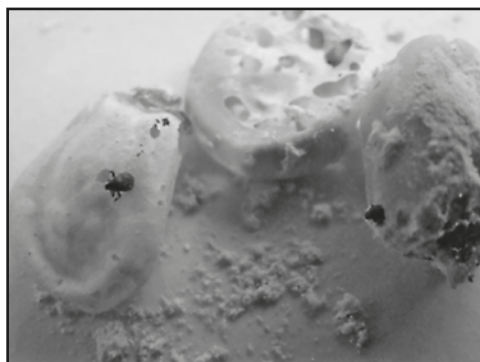
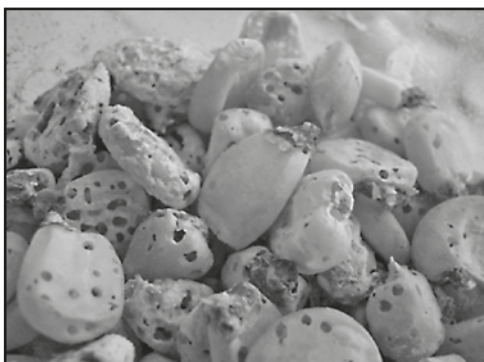


Figura 1. Granos maíz dañados por larvas y adultos de *Pagiocerus* sp.



Figura 2. Los adultos de *Pagiocerus* sp. son de color café y miden aproximadamente 2,5 mm de largo

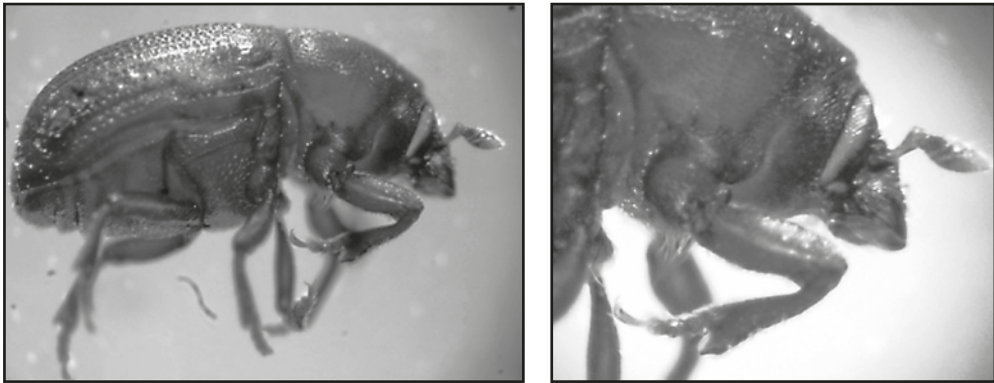


Figura 3. Adultos de *Pagiocerus* sp. mostrando sus antenas capitadas

Según la Fundación Charles Darwin Galápagos (1964), el primer reporte de la introducción de *Pagiocerus frontalis* F., en las islas Galápagos se dio el año 1964, y la vía de introducción fue en semillas o maíz.

Se halla ampliamente distribuido en áreas neo tropicales, desde Estados Unidos a la Argentina. Su papel trófico es barrenador de plantas vivas (semillas), considerándose polífago, taladra el maíz y aguacate, también se encontró sobre hojas de *Scallesia pedunculata*. Crecen en semillas carnosas del género *Lauraceae*, en especial *Persea*.

En cuanto a su reproducción y biología los adultos usualmente hacen agujeros a través de la corteza de árboles y túneles o galerías entre la corteza y la madera. Las larvas viven y se desarrollan en estas galerías. En bases de datos esta reportado en el Orden Coleoptera y en la Familia Scolytidae.

Gómez y Aguilera (1982) mencionan que este escarabajo identificado como *Pagiocerus* sp. efectúa daños severos en granos almacenados de maíz. La larva sale del huevo rompiendo el corión e inmediatamente comienza a alimentarse del conte-

nido interno del grano, cercano al nido; y posteriormente consume el embrión inutilizando el grano para semilla. El daño ocasionado por la larva, en un comienzo, es imperceptible desde el exterior, pero a medida que avanza el desarrollo larvario, el grano se va tornando transparente por el consumo casi total del endosperma que llevan a cabo las larvas de *Pagiocerus* sp.

Según Barriga - Tuñón y Kirkendall (2013) *P. frontalis* es un coleóptero de la Familia Curculionidae. Su distribución geográfica es: de USA (Carolina del Norte) a Argentina; Antillas (Guadalupe); Argentina; Bolivia; Brasil; Chile (norte, provincia de Arica, Tarapacá; introducida?); Colombia (Antioquia, Tolima); Costa Rica; Cuba; Ecuador; El Salvador; Guatemala; Honduras; México; Panamá; Perú (Tingo María); Estados Unidos de Norteamérica; Venezuela (Caracas). Por su parte, USDA APHIS PPQ CPHST (2011), indican que está distribuido del Sureste de los Estados Unidos (Texas) a Argentina, y las Antillas.

Las plantas hospederas son principalmente: mazorcas de maíz (*Zea mays*); semillas de *Ocotea* spp., *Persea americana*, *Persea* spp. Su época principal de actividad se da entre julio, octubre, noviembre.

Se reporta la especie a una altura media de 1490 metros sobre nivel del mar.

La especie *Pagiocerus* Eichhoff se diferencia de *Cnesinus* LeConte, por las suturas curvas de los segmentos grandes del final de su antena. Las especies de *Pagiocerus* están en el rango de 1,9 a 2,6 mm de longitud, tienen una proporción aproximada de 1,9 veces más largo que ancho. El color de las especies que están en el territorio continental de Estados Unidos es de color marrón oscuro.

El pronoto generalmente es más ancho que largo. El escutelo es pequeño.

Especímenes de *Pagiocerus frontalis* fueron obtenidos en maíz, entre 13°C y 30°C. Por debajo y por encima de estas temperaturas, el desarrollo no se completó. La temperatura óptima de desarrollo fue de 25°C. Este insecto es capaz de producir la F₁ entre 20% y 75% de humedad relativa, la mortalidad es menor cuando la humedad relativa es alta (Okeillo *et al.*, 1996).

Wendt y Schulz (1991) mencionan que el grano de maíz y la semilla de palto, fueron los únicos alimentos en los que se logró la ovoposición y el desarrollo de *Pagiocerus frontalis*.

La duración mínima del ciclo de vida de huevo a adulto, en maíz blando a 23°C y a 90% o 60% de humedad relativa (HR) fue de 21,7 a 25 días, respectivamente. El número de adultos emergidos (F₁) fue reducido significativamente a 60 de HR. Temperaturas más bajas incrementaron la duración del ciclo de vida encima de 26,5 días después de 5,5 días de pre ovoposición.

El número más alto de adultos emergidos en la F₁ fue observado a 20°C y 80% de HR. A 10°C la ovoposición no se realizó.

En cuanto al control de *Pagiocerus frontalis* y *Sitophilus oryzae*, Aldana (1994) determinó que la Deltametrina (K-Biol 2p, 500 g/tonelada) en maíz entrojado con medio amero (con brácteas), es 6 veces menor que en el testigo, y en maíz desgranado 22,7 veces menor que en el testigo.

En nuestro medio, se reporta que la primera vez que se observó este insecto fue en mazorcas de maíz, en almacenamiento, provenientes de Cliza (Andrew R., comentario personal). Posteriormente se crió el insecto en el Laboratorio del Centro de Diagnóstico, Investigación y Museo de Entomología (CEDIMENTO - FDRyT) y paralelamente en el Laboratorio de Fitopatología del INIAF, con el fin de obtener adultos para realizar los bioensayos con *B. bassiana*. Este hongo entomopatógeno se produjo en el mismo Laboratorio del INIAF.

Materiales y métodos

Aislamiento de B. bassiana

El hongo *B. bassiana*, fue aislado a partir de un ejemplar del picudo negro del plátano (*Cosmopolites sordidus*) (Coleoptera: Curculionidae). Este picudo infestado fue colectado de la localidad de Esmeralda, Trópico de Cochabamba, el año 2005 (Mamani & Llerena, 2005). Este hongo fue aislado en PDA, purificado por el método del estriado y guardado en tubo con PDA inclinado, en refrigeración. En el año 2010, fecha en la cual se realizó este estudio, este aislamiento fue reactivado sembrándose en cajas Petri con PDA.

Los hongos entomopatógenos como *Beauveria bassiana*, *B. brongniartii*, *Beauveria* sp., *Metarrhizium anisopliaea*, *Metarrhizium* sp. y otros, se utilizan para controlar plagas.

Al constituirse en una alternativa para el control de muchas plagas, existe la necesidad de caracterizarlos, mediante bioensayos con una determinada plaga que se constituya en un “estándar”, cuyas peculiaridades sean: “fácil de criar en condiciones de laboratorio, de reproducción rápida y que su cría sea económica. En este caso se seleccionó al coleóptero *Pagiocerus* sp., que ataca al maíz almacenado, por tener las propiedades mencionadas anteriormente.

Multiplicación masiva de B. bassiana

Aislado el hongo en capsulas Petri conteniendo PDA, se dejó crecer para luego cosechar e inocular arroz que se tenía en bolsas de polipropileno y que fue esterilizado en autoclave durante 15 minutos a 121°C.

Con ayuda de un asa estéril, se recolectó el hongo que creció en el medio de cultivo y se colocó en una solución acuosa de Tween 80 al 0.057% que estaba en un matraz, el cual se tapó con papel aluminio esterilizado. Esta suspensión de conidias se agitó dos veces en agitador orbital, durante 30 segundos. Luego se sembró el aislado en el sustrato de arroz con ayuda de micropipeta de capacidad de 1000 a 10000 µl, se tomaron 15 µl de la suspensión y se vertieron en el arroz. Se cerró la bolsa realizando dobleces y se engrapó; se esparció el inóculo apretando suavemente la bolsa con las manos, facilitando la dispersión del hongo inoculado en el arroz.

Se dejaron las bolsas en el estante del Laboratorio durante 7 días aproximadamente, observando y verificando el crecimiento del hongo.

Concentración de los aislados

Se determinó utilizando la cámara de Neubauer, la cual debe estar limpia y seca, con la ayuda de una pipeta se tomó un volumen de 10 µl y se depositó la muestra por cada compartimiento o ranuras de la cámara de Neubauer. Se debe tener cuidado de no formar burbujas, de ser así, la cámara deberá ser lavada, secada y se vuelve a montar la muestra.

Una vez que se tuvo la muestra lista, se la colocó en el microscopio y se enfocó primero con el objetivo 10X, una vez teniendo visualizado el cuadrante central, se observó con el objetivo 40X y se procedió a realizar la lectura de las esporas en los 25 cuadrantes, estos divididos a su vez, cada uno, en 16 cuadrantes más pequeños. La lectura se realizó teniendo un orden de derecha a izquierda, esto se debe realizar en los dos espacios de lectura con los que cuenta la cámara de Neubauer, teniendo así dos lecturas de la misma muestra.

La lectura obtenida se debe registrar en un formato para poder realizar los respectivos cálculos. Se deben realizar tres montajes de la lámina por muestra, ya que se lee en los dos espacios que tiene la cámara, esto se realiza para las dos repeticiones realizadas. Se debe tener en cuenta la dilución a la cual se realiza la lectura y el factor de dilución en la cámara de Neubauer que es $1 \cdot 10^{-4}$.

El resultado indicó que la concentración obtenida fue de $1,1 \cdot 10^8$ esporas/mililitro.

Este resultado se multiplica por la cantidad de agua destilada más Tween 80 al 0,057% que se adiciono al aislado, en este caso fueron 100 mililitros, entonces:

$$1,1 \cdot 10^8 \text{ esporas/mililitro} \cdot 100 \text{ mililitros} = 1,1 \cdot 10^{10} \text{ esporas totales en la solución}$$

De esta forma se determinó la concentración del inóculo utilizado para producir las diferentes formulaciones de hongos entomopatógenos.

Bioensayo utilizando adultos de *Pagiocerus* sp.

Para realizar el bioensayo se efectuaron los siguientes pasos:

- Conteo de conidias para que los aislados tengan la misma concentración; se utilizó la Cámara de Neubauer.
- Lavado de los coleópteros en agua.
- Desinfectado de los coleópteros con hipoclorito de sodio al 1% durante 1 minuto. Para evitar intoxicación, inmediatamente se los lavó con agua destilada estéril.
- Se sumergieron 20 adultos del coleóptero en cada uno de los tratamientos durante 1 minuto.
- Se sacaron los coleópteros para dejarlos secar e infestar los granos de maíz.
- Se dividieron los 20 coleópteros en cuatro frascos de plástico que ya tenían granos de maíz, cada frasco correspondió a una unidad experimental. Se anotó el tratamiento y la fecha en el frasco, y se colocó un pedazo de tela fina afirmada con elástico, en la entrada del frasco para evitar que los insectos se escapen. Se colocaron los frascos en una bandeja para dejarlos en la sala de cría (Figura 4).



Figura 4. Frascos de plástico que se utilizaron para el bioensayo con adultos de *Pagiocerus* sp.

Diseño experimental y variables de respuesta

Se utilizó un diseño completamente al azar, con 5 tratamientos y 4 repeticiones. Las variables de respuesta fueron: mortalidad de los coleópteros a los 5 días de inicio del bioensayo, posteriormente cada día hasta 26 días del inicio del bioensayo.

Tratamientos

- 1,35 * 10⁸ conidias por mililitro en solución de Tween 80 al 0.2%.
- 1,35 * 10⁷ conidias por mililitro en solución de Tween 80 al 0.2%.
- 1,35 * 10⁶ conidias por mililitro en solución de Tween 80 al 0.2%.
- 1,35 * 10⁵ conidias por mililitro en solución de Tween 80 al 0.2%.
- Testigo: Tween 80 al 0.2%

Resultados y discusión

Mediante la Prueba de F, se observó diferencias significativas entre los tratamientos a los niveles 5% y 1%, esto quiere decir que existen tratamientos que se comportaron de manera diferente, respecto a la mortalidad de *Pagiocerus* sp.

Mediante la prueba de Duncan, se observa que todos los tratamientos son diferentes al testigo, habiéndose obtenido la mayor eficiencia con el tratamiento B; que es la segunda dosis más alta después del tratamiento A. También se observa que no existen diferencias significativas entre los tratamientos C y D, esto quiere decir que ambos son iguales en eficiencia para controlar a *Pagiocerus* sp. El tratamiento A, que es el de mayor dosis, mostró la menor eficiencia en el control del coleóptero, posiblemente porque una sobredosis puede inhibir el proceso de colonización del hongo biocontrolador, sin embargo es más eficiente que el testigo (Figura 5). Estos resultados muestran

que el hongo entomopatógeno *B. bassiana*, es una alternativa para el control de la plaga considerada, por lo cual se recomienda continuar estos bioensayos, utilizando otros aislados de *B. bassiana* u otros hongos entomopatógenos. El crecimiento de *B. bassiana*, en los coleópteros utilizados, se puede ver en la Figura 6. El hongo, a medida que pasa el tiempo, llega a cubrir casi todo el cuerpo del insecto. La mortalidad de los insectos muertos por el hongo fue comprobada dejando los adultos sospechosos de estar muertos en cámara húmeda, utilizando para ello cápsulas Petri y dejando dichas cápsulas en el laboratorio a temperatura ambiente.

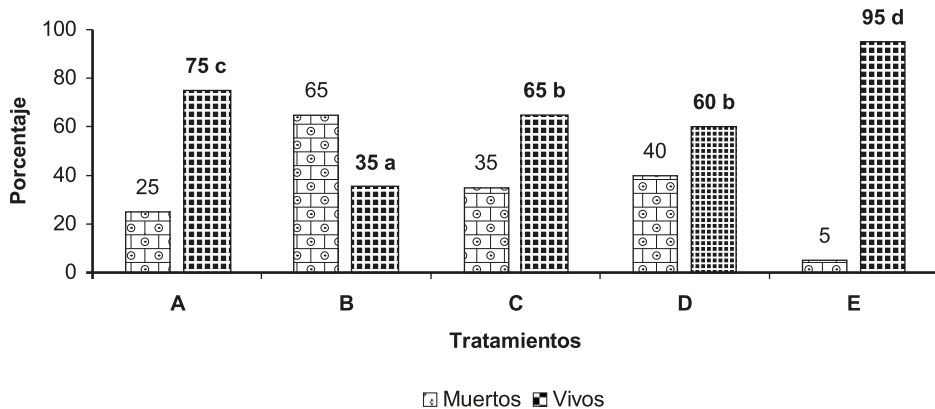


Figura 5. Porcentaje de adultos muertos y vivos del coleóptero *Pagiocerus* sp., como efecto de cinco tratamientos con el biocontrolador *B. bassiana* (Laboratorio de Fitopatología INIAF, Cochabamba, 2010) (Valores de columnas con la misma letra, son iguales al 5% según la prueba de Duncan)

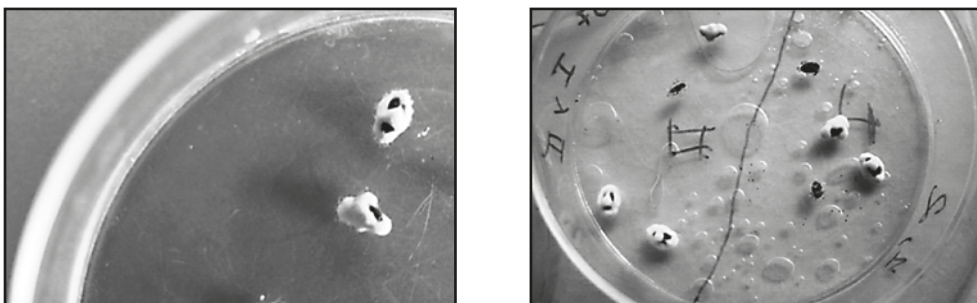


Figura 6. Adultos de *Pagiocerus* sp. muertos por el hongo *B. bassiana* (Laboratorio de Fitopatología INIAF, Cochabamba, 2010)

Conclusiones

- El coleóptero utilizado para realizar la investigación sobre control biológico, es del género *Pagiocerus*.
- En condiciones de laboratorio, este insecto se reproduce en granos de maíz, obteniéndose nuevos adultos que se pueden utilizar para realizar bioensayos con biocontroladores.
- Con el tratamiento B se obtuvieron 13 muertos de 20 adultos utilizados en total, este resultado se considera eficiente respecto del testigo, con el que se obtuvo 1 muerto de 20 adultos, significativamente diferentes mediante la prueba de Duncan (5%).

Referencias citadas

- Aldana A. 1994. Eficiencia de la Deltrametrina en polvo (k-obiol) en el control de los gorgojos del maíz (*Sitophilus oryzae* (L.) y *Pagiocerus frontalis* (F.) en la zona maicera de Caqueza (Cundinamarca). *En línea*. Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/> Consultado en febrero de 2016.
- Barriga-Tuñón J.; Kirkendall L. 2013. *Pagiocerus frontalis* (Fabricius, 1801: 389). *En línea*. Disponible en: <http://www.coleoptera-neotropical.org> Consultado en octubre de 2014.

Fundación Charles Darwin. Base de datos de invertebrados introducidos a Galápagos. Islas Galápagos. 1964. *En línea*. Disponible en: http://rockbugdesign.com/invert_ref/ Consultado en julio de 2014.

Gómez D.; Aguilera P. 1982. Biología de *Pagiocerus frontalis* (Fab.) Coleóptera: Scolytidae) en la I Región de Chile.

Okello S.; Reichmuth Ch.; Schultz F. 1996. Laboratory investigations on the developmental rate at low relative humidity and the developmental temperature limit of *Pagiocerus frontalis* (Fab.) (Col., Scolytidae) at high and low temperatures. *Anzeiger für Schädlingkunde, Pflanzenschutz, Umweltschutz*. November/December 1996, Volume 69, Issue 8, 180-182. *En línea*. Disponible en: <http://link.springer.com/article/> Consultado en julio de 2014.

USDA APHIS PPQ CPHST. 2011. Bark Beetle Genera of the United States. *En línea*. Disponible en: <http://idtools.org/id/wbb/bbgus/> Consultado en enero de 2014.

Wendt; Schulz. 1991. Studies on the biology and ecology of *Pagiocerus frontalis* (Fabricius) (Coleoptera: Scolytidae) infesting stored maize in Ecuador. pp. 61-68. In: F. Fluérat-Lessard and P. Ducom (eds.). Proceedings of the 5th International Working Conference and Stored - Products Entomology, Bourdeaux, France. *En línea*. Disponible en: <http://spiru.cgahr.ksu.edu/proj/iwcsspp/> Consultado en octubre de 2014.

Trabajo recibido el 07 de marzo de 2016 - Trabajo aceptado el 20 de junio de 2016

Agradecimiento:

Ejemplares adultos del insecto se enviaron al Instituto Cavanilles de Biodiversidad y Biología Evolutiva, Universidad de Valencia (España), para confirmar su identificación. Se agradece especialmente al Profesor Joaquín Baixeras (PhD) por su colaboración.

Evaluación de coberturas vegetales para el control de la erosión y como cultivos trampa para nematodos que atacan al cultivo de papa

Noel Ortuño¹; Eulogio Guarachi²; Ruddy Meneses³

¹ Fundación PROINPA; ² Estudiante FCAyP-UMSS; ³ CIF "La Violeta" (FCAyP-UMSS)

E mail: n.ortuno@umss.edu.bo

Resumen. El cultivo de papa es de gran relevancia en zonas de valle y altiplano en Bolivia. En gran parte de estas zonas, las principales limitaciones son la erosión de suelos y la presencia de nematodos. El presente trabajo, desarrollado en una zona de valles interandinos de Cochabamba, evaluó varias leguminosas y gramíneas, con el fin de determinar su capacidad frente a la erosión bajo un manejo de rotación del cultivo de papa, y como cultivo trampa de nematodos. Las especies se compararon con tratamientos testigo, uno sin remoción de suelo (vegetación nativa) y otro sin cobertura (suelo desnudo). La erosión de suelos fue menor en la vegetación nativa (sin remoción) y con cultivo de veza dasycarpa. En cuanto a su comportamiento como cultivos trampa, el análisis estadístico para la tasa de multiplicación del nematodo, no demostró diferencias significativas entre las especies, destacan el triticale y la veza peluda porque permitieron la penetración de estados juveniles, detectándose 3 y 6 individuos/10 g de raíces, respectivamente, pero inhibieron la reproducción del nematodo. Se concluye que la veza dasycarpa (*Vicia villosa* ssp. *dasycarpa*) se constituye en una alternativa para la conservación de suelos en zonas en ladera, ya que disminuye la erosión; por otra parte, la veza peluda (*Vicia villosa*) reduce la población de nematodos que atacan al cultivo de papa.

Palabras clave: *Vicia dasycarpa*, *Nacobbus aberrans*, *Globodera* sp.

Summary: Evaluation of vegetations coverage for control of erosion and as trap crops for nematodes attacking potato crop. The potato crop is of great relevance in valley and plateau zones in Bolivia. In many of these areas, the main constraints are the soil erosion and the presence of nematodes. The present work, developed in an area of inter - Andean valleys of Cochabamba, evaluated several legumes and grasses, in order to determine their capacity against erosion under potato crop rotation, and as a nematode trap crop. Species were compared with control treatments, one without soil removal (native vegetation) and the other without coverage (bare soil). Soil erosion was lower in the native vegetation (without removal) and with veza dasycarpa crop. As for its behavior as trap crops, the statistical analysis for the nematode multiplication rate did not show significant differences among the species, the triticale and the hairy veza stand out allowing the penetration of juvenile stages, detecting 3 and 6 individuals / 10 g of roots, respectively, but inhibited nematode reproduction. It is concluded that the veza dasycarpa (*Vicia villosa* ssp. *dasycarpa*) is an alternative for the conservation of soils in hillside areas, since it reduces erosion. On the other hand, the hairy veza (*Vicia villosa*) reduces the population of nematodes attacking potato crop.

Keywords: *Vicia dasycarpa*, *Nacobbus aberrans*, *Globodera* sp.

Introducción

Los valles interandinos de la región de Cochabamba, en Bolivia, están constituidos por laderas y valles a altitudes que varían entre 2.500 a 3.500 msnm. Esta zona se caracteriza, ante todo, por tener variedad de microclimas y áreas reducidas para la producción de cultivos, vinculados a un constante deterioro de la fertilidad del suelo por erosión e infestado por microorganismos existentes en éste.

La creciente demanda de tierras de cultivo, ocasiona que se habiliten nuevos terrenos cubiertos con vegetación nativa, en pendientes más pronunciadas, con la finalidad de alargar el periodo de las tierras de cultivo dejadas en barbecho o descanso para la recuperación de la fertilidad de los suelos. Como resultado de la depredación del ecosistema vegetal, se producen trastornos ecológicos como la erosión hídrica, eólica y en consecuencia una rápida degradación de los suelos (Motavalli *et al.*, 2013).

La erosión es la remoción y pérdida del suelo de su lugar de origen, y es ocasionada por la acción del agua, viento, temperatura, y agentes biológicos (Rosales *et al.*, 2008).

La erosión hídrica es aquella causada por la lluvia y se debe a la acción dispersiva y al poder de transporte del agua que cae sobre el suelo y escapa en forma de escurrimiento superficial (Hudson, 1982). Los factores que intervienen en la erosión hídrica son el clima, las características físicas del suelo, la topografía y la vegetación (Schwab *et al.*, 1992).

La vegetación actúa como una capa protectora o amortiguadora entre la atmósfera y el suelo (García, 2005). Los compo-

nentes aéreos, como las hojas y tallos, absorben parte de la energía de las gotas de lluvia, del agua en movimiento y del viento, de modo que su efecto es menor que si actuara directamente sobre el suelo, mientras que los componentes subterráneos, como los sistemas radiculares, contribuyen a la resistencia mecánica del suelo (Oblitas, 2000).

Por otra parte, los nematodos fitoparásitos son organismos que se alimentan de los vegetales; ocasionan síntomas específicos en la parte aérea de la planta que pueden servir para la diagnosis, sin embargo los daños causados en las raíces, ocasionan alteraciones en su fisiología y síntomas similares a los provocados por deficiencia de agua o elementos minerales, y es el tipo más importante, siendo los más difíciles de controlar. Sin embargo, existen distintos métodos de control, como ser físicos, químicos, biológicos y culturales (Iporre, 1994; Ortuño *et al.*, 2004). En esta línea, Ortuño *et al.* (2004), mencionan que la rotación de cultivos es una táctica muy antigua y ampliamente utilizada.

Simplemente se refiere a la sucesión de cultivos conocidos como no hospedantes, es decir en los que no ocurre la multiplicación del nematodo y por tanto su densidad poblacional sufre una reducción o declinación natural muy similar a la que se observa en los campos sin cultivo. Sin embargo, esta rotación puede ser más efectiva si se incluyen cultivos no hospedantes, seleccionados, y que estimulen ya sea únicamente la eclosión de los nematodos o que aún cuando permitan la invasión a sus raíces, el ciclo de vida del nematodo sea interrumpido y no ocurra su multiplicación, es decir que posean el efecto de *cultivos trampa*.

En amplias zonas de producción agrícola en Bolivia, la papa es el cultivo de mayor importancia, por ser la base de la alimentación y de la economía de las familias campesinas. Sin embargo, debido a la existencia de nematodos en los suelos, hay una baja en la cosecha de este cultivo, lo cual causa pérdidas económicas directas por bajos rendimientos. Por eso fue importante determinar el comportamiento de diferentes coberturas vegetales sobre la erosión de los suelos, e identificar especies eficientes y de mejor comportamiento como *cultivos trampa* de nematodos de los suelos.

Materiales y métodos

La investigación fue realizada en dos sitios de la comunidad de Chullchunqani, provincia Carrasco del departamento de Cochabamba.

El establecimiento del ensayo se realizó en parcelas de descanso, después de los cultivos de maíz y de trigo, con pendientes que oscilaban de 15% a 35%, los que se denominaron como *sitio 1* y *sitio 2*, respectivamente.

El diseño experimental utilizado en cada sitio fue de bloques completos al azar, con once tratamientos (especies), y dos repeticiones.

Las especies que se probaron fueron:

- T 1: *Vicia villosa* (veza peluda)
- T 2: *Vicia sativa* (veza común)
- T 3: *Vicia villosa* ssp. *dasycarpa* (veza dasicarpa)
- T 4: *Trifolium repens* (trébol blanco)
- T 5: *Trifolium pratense* (trébol rojo)

T 6: *Pisum sativum* (arveja)

T 7: *Avena sativa* (avena)

T 8: *Hordeum vulgare* (cebada)

T 9: X. *Triticosecale* W. (triticale)

T 10: Testigo (*sin cobertura*) un año en descanso

T 11: Testigo (*vegetación nativa*) tres años en descanso

La preparación del terreno, se realizó en forma tradicional, utilizando bueyes y arado de palo. La siembra fue realizada al voleo, según las características agronómicas de cada especie, y a densidades que se indican en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Densidades de siembra de nueve especies evaluadas

Especies	Densidad de siembra (kg/ha)
Avena	80
Cebada	90
Triticale	90
Arveja	40
Trébol blanco	10
Trébol rojo	20
Veza peluda	10
Veza común	15
Veza dasicarpa	10

En la etapa inicial del ensayo, para evaluar la erosión del suelo, al pie de cada unidad experimental se instalaron canales de escorrentía de 20 cm de ancho por 4,80 m de largo, dejando 20 cm de bordura entre canales. Posteriormente, se colocaron cinco barras graduadas dentro de los canales, a 90 cm entre barras, para medir la altura del sedimento erosionado.

Para determinar el comportamiento agronómico de las especies, se consideraron variables de respuesta relacionadas con la cobertura vegetal, aspectos fenotípicos de las especies, y producción de biomasa.

Además, se determinaron variables nematológicas, en términos de población, así la población inicial (pi) y población final (pf) se determinó mediante bioensayos, al inicio y al final del ensayo.

La presencia de *Nacobbus aberrans* en las raíces de las especies, se evaluó por el método de macerado de raíces, a los 70 días después de la siembra, ambas variables se evaluaron en laboratorio.

La tasa de multiplicación (TM) de *Nacobbus aberrans* se determinó a partir de la relación:

$$TM = pf / pi$$

Las variables nematológicas se analizaron mediante la prueba de *Chi cuadrado* (χ^2).

Los datos observados de las variables de respuesta, previa verificación de los supuestos de distribución normal, se sometieron a un modelo estadístico y a un análisis de varianza (ANVA) y pruebas de Duncan, para probar la significación de los efectos fijos y la estimación de los componentes de varianza.

El ANVA de las leguminosas y gramíneas, en el caso de variables fenotípicas y de rendimiento, se realizó en forma separada, debido a que estas son especies diferentes en cuanto a morfología y fisiología.

Resultados y discusión

Cobertura vegetal. El ANVA para la cobertura vegetal, mostró diferencias significativas entre especies ($P < 0.05$). Las especies veza dasicarpa y trébol rojo, desarrollaron la mayor cobertura, estadísticamente iguales a la vegetación nativa, pero significativamente superiores a las demás especies (Cuadro 2). Las especies de menor desarrollo foliar fueron las gramíneas (cebada y triticale), estadísticamente iguales entre sí.

En general, la veza dasicarpa, presentó mayor cobertura vegetal en la zona, debido a que las condiciones climáticas (temperatura, humedad y luz) son óptimas para el desarrollo vegetativo de la especie.

Cuadro 2. Medias estimadas de cobertura vegetal (%)

Especies	Cobertura vegetal (%)	
Veza dasicarpa	64,42	a
Trébol rojo	62,32	a
Testigo (<i>veget. nativa</i>)	61,50	a
Avena	41,00	b
Veza común	40,50	b
Trébol blanco	40,25	b
Arveja	39,50	b
Veza peluda	31,62	bc
Cebada	24,12	c
Triticale	23,75	c
Testigo (<i>sin cobertura</i>)	4,25	d

($P < 0.05$)

Erosión de suelo. El ANVA para el control de erosión, mostró diferencias significativas entre especies ($P < 0.05$). En promedio, la veza peluda y el testigo sin cobertura, permitieron los más altos índi-

ces de erosión, estadísticamente diferentes entre sí, con 1.72 y 3.03 t/ha, respectivamente, siendo estos valores significativamente superiores a los demás tratamientos. Por el contrario, la veza dasicarpa y la vegetación nativa, permitieron bajos índices de erosión, estadísticamente diferentes entre sí, con valores de 1.28 y 0.54 t/ha, respectivamente (Figura 1). En términos generales, analizando la erosión entre especies, la menor erosión, corresponde a la veza dasicarpa, debido a la elongación precoz de la planta, que permitió incrementar la cobertura del suelo, y por ende reducir la erosión. Sin embargo, comparada con el testigo “vegetación nativa”, ésta reportó menor erosión que la leguminosa, debido a que no se realizó labranza y por tanto no se alteró la estructura del suelo.

Se destaca en el Cuadro 2 y Figura 1, que la cobertura vegetal nativa (tratamiento 11) protege naturalmente al suelo, después de tres años en descanso, similar a la cobertura con leguminosas (veza dasicarpa), y no así, si el suelo está desprotegido como en el descanso de un año (tratamiento 10).

LEGUMINOSAS

Altura de planta. El ANVA para esta variable, mostró diferencias significativas entre especies ($P < 0.05$). La altura de plantas varió entre 91.2 y 12.41 cm. La especie arveja y veza dasicarpa, alcanzaron las mayores alturas, estadísticamente diferentes entre sí y superiores a las demás especies. Veza común y veza peluda desarrollaron alturas promedio, estadísticamente iguales entre sí al igual que con el trébol rojo y el trébol blanco, estas dos últimas especies de menor desarrollo en términos de altura de planta (Cuadro 3).

Rendimiento en materia seca. El ANVA para el rendimiento de materia seca, muestra que existieron diferencias significativas entre especies ($P < 0.05$). En promedio, las especies arveja y veza dasicarpa tuvieron rendimientos estadísticamente iguales entre sí y significativamente superiores a las demás especies. Las especies de menor rendimiento fueron el trébol rojo y el trébol blanco, estadísticamente iguales entre sí (Cuadro 4).

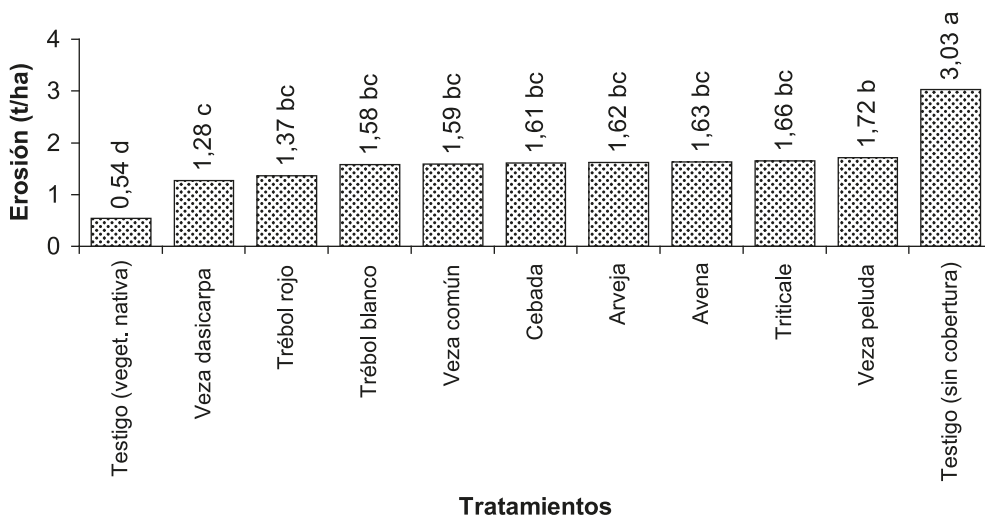


Figura 1. Medias estimadas de erosión (t/ha) para nueve tratamientos ($P < 0.05$)

Cuadro 3. Medias estimadas de altura de planta (cm) de seis leguminosas

Especies	Altura de planta (cm) (p=0.05)	
Arveja	91,20	a
Veza dasicarpa	62,87	b
Veza común	31,15	c
Veza peluda	27,70	c
Trébol rojo	22,45	c
Trébol blanco	12,41	c

Cuadro 4. Rendimiento de materia seca (kg/ha) de seis leguminosas

Especies	Rend. MS (kg/ha) (p=0.05)	
Arveja	4.940	a
Veza dasicarpa	3.580	a
Veza común	2.895	b
Veza peluda	2.583	b
Trébol rojo	1.864	c
Trébol blanco	1.319	c

En general, la alta variabilidad en rendimiento de biomasa, detectada entre especies, se debe al conjunto de materiales heterogéneos (diferentes especies) en términos de morfología y fisiología (precocidad).

GRAMÍNEAS

Altura de planta. El ANVA para altura de planta no indicó diferencias significativas entre especies. La altura de planta promedio del triticale, avena y cebada fue de 116,93, 86,9 y 82,45 cm, respectivamente, siendo estos valores estadísticamente iguales entre sí.

Rendimiento en materia seca. El ANVA para el rendimiento en materia seca, no mostró diferencias significativas entre especies ($P < 0.05$). Numéricamente, el triticale presenta buenas características forrajeras, bajo las condiciones climáticas de la zona. El rendimiento promedio de materia seca de los tres cereales, fue de 11.415, 9.597 y 7.703 kg/ha, para el triticale, avena y cebada, respectivamente.

VARIABLES NEMATOLÓGICAS

Se presentan y discuten los resultados de la tasa de multiplicación y presencia total de estados juveniles de *Nacobbus aberrans* en las raíces de las especies, ya que estos son los parámetros para determinar si una especie es un *cultivo trampa*, los valores medios se presentan en el Cuadro 5.

El análisis estadístico para la tasa de multiplicación del nematodo, no demostró diferencias significativas. Sin embargo, las especies triticale y veza peluda, se comportaron como especies trampa porque permitieron la penetración de estados juveniles y se detectaron en un número de 3 y 6 individuos/10 g de raíces, respectivamente, inhibiendo la reproducción del nematodo (tasa de multiplicación = 0) como se muestra en el Cuadro 5.

Por eso a estas especies cultivables se las calificaría como cultivos trampa de *N. aberrans*, siendo los datos de la leguminosa, los primeros que se reportan para esta especie, como cultivo trampa de nematodos.

Cuadro 5. Tasa de multiplicación (TM) obtenida en bioensayos y estadios de desarrollo juveniles de *Nacobbus aberrans*, detectados en diez gramos de raíz, evaluados a nivel de laboratorio

Tratamientos	TM	Estadios de desarrollo			Total
		J2	J3	J4	
Testigo (vegetación nativa)	1.50	0	1	0	1
Testigo (sin cobertura)	0.92	0	0	0	0
Trébol blanco	0.50	0	0	0	0
Cebada	0.14	0	1	2	3
Avena	0.53	0	0	1	1
Veza común	0.43	0	2	4	6
Arveja	0.17	2	0	8	10
Trébol rojo	0.05	0	5	5	10
Veza dasycarpa	0.75	0	0	15	15
Veza peluda	0.00	1	2	3	6
Triticale	0.00	0	0	3	3

Conclusiones

- La veza dasycarpa (*Vicia villosa* ssp. *dasycarpa*) disminuye la erosión de suelo, comportándose de similar manera que una cobertura nativa de dos años de descanso.
- La veza peluda (*Vicia villosa*) y el triticale se consideran “cultivos trampa” de *N. aberrans* siendo este el primer reporte de una leguminosas con esa característica.

Referencias citadas

- García A. 2005. El suelo como hábitat. Biología del suelo. Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal Sistema de Información Científica. *En línea*. Disponible en: <http://www.eweb.unex.es/eweb/edafo/ECAP/ECAL6BiolSuelo.htm> Consultado en mayo de 2011
- Hudson N. 1982. Conservación del suelo. Ed. Reverte. Madrid, España. 98 p.
- Iporre A. 1994. Diseminación de *N. aberrans* por el empleo de estiércoles. Universidad Autónoma Tomás Frías. Potosí, Bolivia. 133 p.
- Motavalli P.; Aguilera J.; Blanco-Canqui H.; Valdivia C.; Seth A.; García M. 2013. Los suelos y el cambio climático: consecuencias y potencial de adaptación en el Altiplano andino. **En:** Cambio climático y adaptación en el altiplano boliviano. La Paz, Bolivia. pp. 99-122.
- Oblitas G. 2000. Efecto de sistemas de mínima y cero labranza en la conservación de suelo y agua en los cultivos de haba y arveja en la zona de Sacabamba. Tesis de grado. Ing. Agr. FCAPyF - UMSS. Cochabamba, Bolivia. 90 p.

Ortuño N.; Franco J.; Main G.; Oros R.; Montecinos R. 2004. Desarrollo del manejo integrado del nematodo "rosario de la papa" *Nacobbus aberrans* en Bolivia. Cochabamba, Bolivia. 122 p.

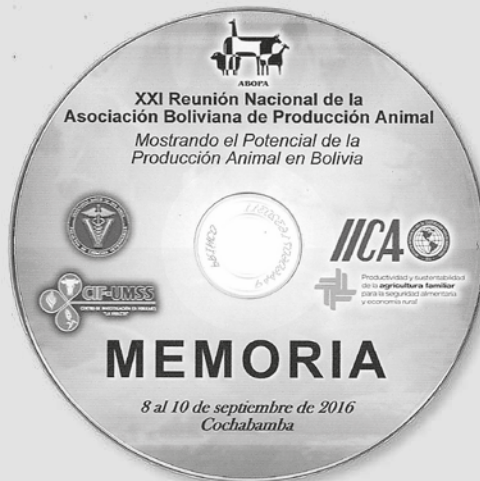
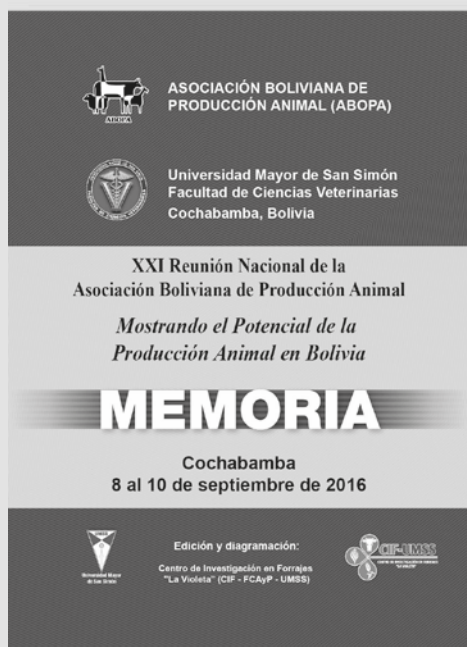
Plante A.; Eldor J.; Conant R. 2009. Does physical protection of Soil Organic Matter Attenuate Temperature Sensitivity. Volume 73: Number 4. 1168-1172.

Rosales F.; Pocasangre L.; Trejos J.; Serrano E.; Peña W. 2008. Guía de diagnóstico de la calidad y salud de suelos bananeros. Montpellier, Francia.

Schwab G.; Frevert R.; Edminster T.; Barnes K. 1992. Ingeniería de conservación de suelos y aguas. Ed. LIMUSA. México. 570 p.

Trabajo recibido el 10 de junio de 2016 - Trabajo aceptado el 12 de julio de 2016

PUBLICACIÓN DESTACADA:



Versión impresa y electrónica de la Memoria de la XXI Reunión Nacional de la Asociación Boliviana de Producción Animal (ABOPA)

69 trabajos en versión completa (428 páginas) en áreas de: Fisiología Animal / Inocuidad Alimentaria / Mejoramiento Genético / Nutrición Animal / Pastos y Forrajes / Producción Animal / Reproducción Animal / Sanidad Animal

Editor: Centro de Investigación en Forrajes "La Violeta" (CIF)

Disponibilidad: Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad Mayor de San Simón y en el CIF "La Violeta"

Solicitudes y mayor información: abopaXXI@yahoo.com

Protocolo para la propagación *in vitro* de la castaña (*Bertholletia excelsa*)

Gabriela Ancasi; Julio Montero; Ronald Maygua;
Israel Muñoz; Fabián Usnayo

*Universidad Amazónica de Pando, Área de Ciencias Biológicas y Naturales,
Laboratorio de Biotecnología Vegetal*

E mail: gaby luz862@hotmail.com

Resumen. Esta investigación fue realizada en el Laboratorio de Biotecnología Vegetal del Área de Ciencias Biológicas y Naturales de la Universidad Amazónica de Pando, en el año 2014 con el objetivo de evaluar un mejor protocolo en la fase de establecimiento para la propagación *in vitro* de la castaña (*Bertholletia excelsa*). Fueron seleccionados 40 plantas madres del *Vivero Agroforestal Agua Rica*. Para la experimentación se utilizó un diseño experimental completamente aleatorio con tres diferentes medios de cultivo, dos protocolos de desinfección y siete repeticiones. Los medios de cultivo fueron los siguientes: M1) Murashige y Skoog fue suplementado con L-cysteine 0.50 g/l, Bap 1.5 ml; M2) Murashige y Skoog fue suplementado con ácido cítrico 0.50 g/l, Bap 2.5 ml; M3) Murashige y Skoog suplementado con carbón activo 0.50 g/l, Bap 3.5 ml. La variable de respuesta fue la sobrevivencia de los explantes, donde se observó el grado de oxidación y contaminación. Los resultados mostraron que en la primera fase de establecimiento, en el medio de cultivo 3, no se observó oxidación, sin embargo se observó contaminación del total de los explantes, mientras que en los medios de cultivo 1 y 2 se observó oxidación, sin contaminación. Todos los explantes no llegaron a la fase final del establecimiento.

Palabras clave: Biotecnología vegetal; Explantes; Oxidación; Contaminación

Summary. Protocol for the *in vitro* propagation of the chestnut (*Bertholletia excelsa*). In the year 2014, this research was carried out in the Plant Biotechnology Laboratory of the Biological and Natural Sciences Area of the Amazonian University of Pando, with the objective of evaluating a better protocol in the establishment phase for the *in vitro* propagation of the chestnut (*Bertholletia excelsa*). A total of 40 mother plants were selected from the *Agua Rica Agroforestry Nursery*. For the experimentation, a completely random experimental design was used with three different culture media, two disinfection protocols and seven replicates. The culture media were as follows: M1) Murashige and Skoog was supplemented with L-cysteine 0.50 g/l, Bap 1.5 ml; M2) Murashige and Skoog was supplemented with citric acid 0.50 g/l, Bap 2.5 ml; M3) Murashige and Skoog supplemented with active carbon 0.50 g/l, Bap 3.5 ml. The response variable was the survival of the explants, where the degree of oxidation and contamination were observed. The results showed that in the first stage of establishment, in the culture medium 3, no oxidation was observed; however, contamination from the total explants was observed, while in culture media 1 and 2, oxidation was observed, without contamination. All the explants did not reach the final phase of the establishment.

Keywords: Plant biotechnology; Explants; Oxidation; Contamination

Introducción

La castaña es uno de los productos no maderables que tiene un importante aporte económico para el departamento de Pando. Los beneficios socioeconómicos del comercio de la castaña son especialmente significativos en la región del norte de Bolivia, pues alrededor del 70% de las fuentes de empleo están relacionadas con esta industria, además, de existir pocas alternativas laborales para la población. La castaña se encuentra en planicies y colinas fuertemente disectadas, en partes altas con buen drenaje, relacionadas con otras especies arbóreas (ZONISIG, 1997).

Según plantearon Pinheiro y Albuquerque en 1968, a las almendras de esta especie, bajo condiciones normales, les toma entre 12 y 18 meses para germinar. Sin embargo, cuando Muller en 1982, utilizó almendras desprovistas de tegumento, tratadas previamente con acetato de fenilmercurio, obtuvo germinación a los 20 días después de la siembra. Otros estudios realizados demostraron que la propagación asexual es una herramienta que puede ser utilizada para sustituir el proceso de germinación de las almendras en el establecimiento de cultivos de especies forestales, aumentando su calidad genética y fitosanitaria, y de esta forma acelerar su ciclo productivo.

A través de técnicas *in vitro*, el ciclo productivo de las especies trabajadas puede ser acelerado y la producción de posturas de calidad genética y fitosanitaria puede ser implementada, teniendo en vista la gran necesidad del abastecimiento del mercado interno y externo (Fachinello *et al.*, 2005).

El objetivo de esta investigación fue evaluar un protocolo en la fase de establecimiento para mejorar y acelerar la propagación *in vitro* de la castaña (*Bertholletia excelsa*).

Materiales y métodos

Ubicación. El presente trabajo de investigación se realizó en el año 2014, en el Laboratorio de Biotecnología Vegetal del Área de Ciencias Biológicas y Naturales de la Universidad Amazónica de Pando.

Material biológico. El material vegetal usado en esta investigación fue recolectado del *Vivero Agroforestal Agua Rica*.

Metodología

1. Recolección del material vegetal de campo: Se seleccionaron las plantas de 12 meses que tenían mejor desarrollo, con buenas condiciones fitosanitarias (plantas sanas).

2. Protocolo para cultivo *in vitro* de castaña en la fase de establecimiento. Para evaluar los protocolos en la fase de establecimiento se siguieron los siguientes tres pasos:

⇒ Desinfección del material vegetal. Los protocolos de desinfección para el establecimiento, se describen en el Cuadro 1, en base a recomendaciones del Laboratorio *Microplant* Quito (Pilar, 2010).

⇒ Medios de cultivo. Los medios de cultivo se describen en el Cuadro 2.

⇒ Establecimiento: Dentro de una cámara de flujo laminar, los entrenudos fueron reducidos en segmentos de un solo nudo de 0.5 a 1 mm y se dejó cada uno de los protocolos de desinfección (Cuadro 1).

Para el establecimiento, se dejó a una temperatura promedio de 21°C, humedad relativa de 60% a 70%, fotoperiodo de 16 horas luz / 8 horas de oscuridad (González y Vilca, 1998).

El porcentaje de contaminación se determinó cada 5 días, durante 30 días, en base a la siguiente fórmula.

$$\% \text{ contaminación} = \frac{\text{explante contaminado}}{\text{total de explantes}}$$

El grado de oxidación se evaluó con una escala de 1 (5–15%) a 5 (100%), según escala de Novak *et al.* (1989).

Cuadro 1. Protocolo de desinfección

Tipo de explante	Desinfección fuera de la cámara de flujo laminar		Desinfección dentro de la cámara de flujo laminar			
	Producto	Tiempo	Pro- tocolo	Producto	Concen- tración	Tiempo
- Entrenudo - Meristemo apical	Jabón	1 min	1	Alcohol	75%	1 min
				Cloro comercial	50%	2 min
				Cloro comercial	20%	3 min
	Fungicida	10 min	2	Alcohol	75%	1 min
				Cloro comercial	75%	3 min
				Cloro comercial	10%	5 min
Povidin	10 min					

Cuadro 2. Medios de cultivo para la fase de establecimiento

Componentes químicos	M1	M2	M3
MS	Completo	Completo	Completo
My-inositol	0,1 g/l	0,1 g/l	0,1 g/l
Bap	1,5 ml	2,5 ml	3,5 ml
AG3	0,1 ml	0,1 ml	0,1 ml
L-cysteine	0,50 g/l	---	---
Ácido cítrico	---	0,50 g/l	---
Carbón activado	---	---	0,50 g/l
Azúcar	30 g/l	30 g/l	30 g/l
Phytigel	3,5 g/l	3,5 g/l	3,5 g/l
pH	5,6	5,6	5,6

El experimento fue implementado bajo un diseño experimental completamente aleatorio (DCA) con los siguientes seis tratamientos:

- T 1 Explante sano sin oxidación
- T 2 15% de oxidación
- T 3 25% de oxidación
- T 4 50% de oxidación
- T 5 75% de oxidación
- T 6 100% de oxidación planta muerta

Estos seis tratamientos fueron evaluados en los tres medios de cultivo para la fase de establecimiento (Cuadro 2).

Análisis estadístico. Se realizaron análisis de varianza con seis grados de libertad previa verificación de normalidad y homogeneidad de las variables.

Las comparaciones de medias fueron realizadas a una probabilidad de $P < 0,01$, mediante la prueba de Tukey, utilizando el procedimiento Proc GLM y Mixed del SAS (SAS, 2004).

Resultados y discusión

Grado de oxidación

El análisis de varianza (ANVA) mostró un coeficiente de determinación (R^2) de 0,85 y un coeficiente de variación (CV) de 12%; según el modelo estadístico existió un 85% de variación, por lo que el modelo fue apropiado para explicar la variación existente en los datos. Por otra parte, el CV fue inferior al 35%; lo cual, significa que las transformaciones realizadas, homogeneizaron adecuadamente los datos. Asimismo el ANVA para el grado de oxidación por efecto de fenolización, mostró que hubo diferencias altamente significativas entre los tratamientos ($P < 0,01$).

Cuando se realizaron las comparaciones de medias, se observó que el tratamiento 3, tuvo el menor grado de oxidación (0,27). En cambio, la oxidación de los otros medios fueron estadísticamente superiores (3,5 - 4,7) (Figura 1).

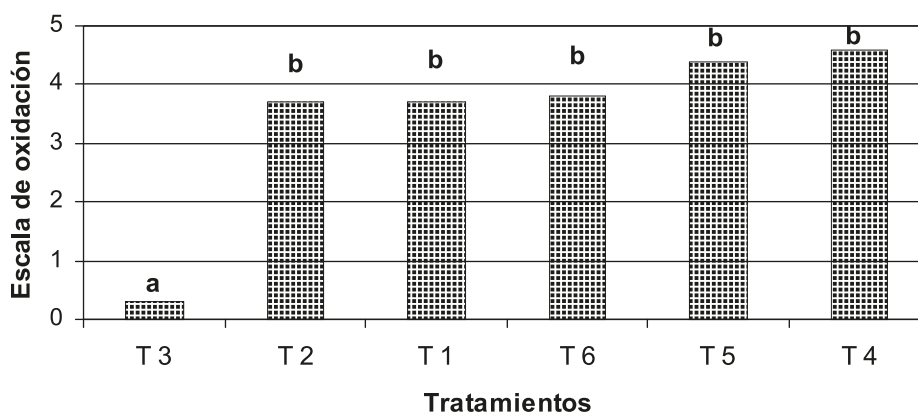


Figura 1. Grado de oxidación en los explantes de castaña (*Bertholletia excelsa*) sometidas a tres diferentes medios

Porcentaje de contaminación de los explantes

La contaminación se evaluó durante 30 días; los resultados del efecto de los tratamientos de desinfección demuestran que los tratamientos T2 y T1 no presentaron signos de contaminación, tanto en el explante como en el medio de cultivo, mientras que en los tratamientos T4 y T5 presentaron contaminación alrededor de un 65% y para los tratamientos T3, T6 presentó el 100% de contaminación (Figura 2).

Las oxidaciones fenólicas, en ocasiones, pueden constituirse en un serio problema en el establecimiento y supervivencia de meristemos y ápices, los cuales se manifiestan como un ennegrecimiento del medio de cultivo que comienza por la zona cercana al explante y puede extenderse a todo el medio produciendo una seria afectación en el crecimiento del explante, al que puede provocar la muerte (Pérez, 1998).

Según Aliyu (2005), mediante la adición de carbón activo se evita la oxidación del

explante. Sin embargo en el presente estudio se observó que el tratamiento 3, suplementado con carbón activo, obtuvo menor grado de oxidación (0.27) que con el tratamiento 2, suplementado con ácido cítrico, obtuvo un mayor grado de oxidación (3.5- 4.7).

Otro de los factores causantes de los principales problemas para la propagación *in vitro* es la contaminación (Alonso, 2002).

En la presente investigación se utilizó alcohol con concentración de 75% por 1 min, Cl comercial 50% por 2 min, Cl 20% por 3 min, donde el tratamiento uno y dos obtuvo el 0% de explantes sin contaminación (hongos y bacterias).

Según Verçosa *et al.* (2012), la alta tasa de contaminación por bacterias está asociada con la fuerte oxidación fenólica emitida por los explantes de brotes apicales de castaña de Brasil. Estas oxidaciones son ocasionadas por la liberación de fenoles a través de las heridas realizadas en la extracción de los explantes.

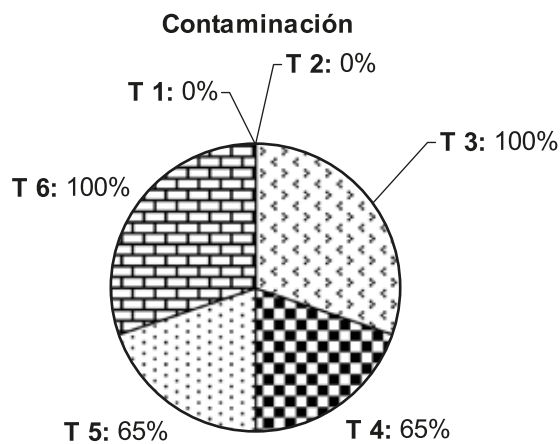


Figura 2. Porcentaje de explantes contaminados

Los fenoles liberados en este proceso son altamente tóxicos e inhiben la absorción de los nutrientes del medio, lo que favorece el establecimiento de contaminaciones bacterianas y perjudican el desarrollo de los explantes, causando incluso necrosis de los tejidos.

Conclusiones

- En la evaluación de sobrevivencia en la micro propagación de la castaña, bajo condiciones controladas de laboratorio, se observó que el tratamiento 3 tuvo el menor grado de oxidación (agentes internos); sin embargo, presentó contaminación en su totalidad (agente externo).
- En los tratamientos 1 y 2 se observó oxidación, sin contaminación en la fase de establecimiento *in vitro* de la castaña. Sin embargo, en el proceso de evaluación de sobrevivencia, ninguno de los tratamientos llegó a la fase final de establecimiento.

Referencias citadas

- Aliyu M. Application of tissue culture to cashew (*Anacardium occidentale* L.) breeding: An appraisal. *Afric J Biotechnol.* 2005; 4: 1485-89.
- Fachinello J.; Hoffmann A.; Nachtgal J.; Kersten E. 2005. Propagação frutíferas. Pelotas: Embrapa Informações Tecnológicas.
- González C.; Vilca J. 1998. Micropropagación vegetativa *in vitro* de aliso (*Alnus acuminata*). Edición Graficas de ADEFOR. Cajamarca, Perú.
- Muller C. 1982. Quebra da dormência da semente e enxertia em castanha do Brasil: Estudos Agronômicos. Belém. EMBRAPA, CPATU (Documento 16). 40 p.
- Novak F.; Afza R.; Van Duren M., Perrea-Dallos M.; Conger B.; Xiaolang T. 1989. Somatic embryogenesis and plant regeneration in suspension cultures of de-ssert (AA and AAA) and cooking (ABB) bananas (*Musa* spp.). *Bio Technology.* 7:147-158.
- Pérez J. 1998. Propagación y mejora genética de plantas por Biotecnología. (Ed). Instituto de Biotecnología de las Plantas, Universidad Central de Las Villas, Santa Clara, Cuba. 83 - 295.
- Pinheiro E.; Albuquerque M. 1968. Ministerio da Agricultura. Libro Anual da Agricultura. Brasilia.
- Vercosa N. 2012. Influencia del cloranfenicol y polivinilpirrolidona (PVP) en la regeneración *in vitro* de la castaña de Brail (*Bertholletia excelsa* HBK). *En línea:* Disponible en: www.google.com.bo/#q=vercosa+2012+cultivo+in+vitro+casta%C3%B1a Consultado el 11 de noviembre de 2015
- ZONISIG. 1997. Zonificación agroecológica y socioeconómica y perfil ambiental del departamento de Pando. Ed. Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente. La Paz, Bolivia. pp. 23 – 57.

Trabajo recibido el 20 de junio de 2016 - Trabajo aceptado el 20 de julio de 2016

Agradecimientos:

A la Dirección de Investigación de Ciencias y Tecnología de la Universidad Amazónica de Pando, por el financiamiento de esta investigación. Asimismo al Dr. Julio Gabriel por la revisión y contribución al presente artículo.

Comportamiento agronómico de diez variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en cultivo hidropónico

René Cabezas; Simón Rojas; Gino Aguirre

Laboratorio de Biotecnología, Departamento de Fitotecnia,
Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Mayor de San Simón, Cochabamba

E mail: g.aguirre@umss.edu.bo

Resumen. En Cochabamba, una fuente de abastecimiento de agua de riego son los residuos del río Rocha, que se utilizan sin ningún tratamiento. Ante la creciente población, la contaminación de aguas y su uso para riego en el cultivo de hortalizas, la hidroponía es una alternativa que puede contribuir en proveer alimento sano con uso eficiente de agua. Por otra parte, las variedades de lechuga en el medio son escasas; en ese sentido, la presente investigación tuvo como objetivo seleccionar variedades de mejor comportamiento bajo cultivo hidropónico. Los resultados mostraron que las variedades con mejor comportamiento y mayor rendimiento en invierno fueron: Lisa Elisa con un peso de 257 g/planta, Caipira con 262 g/planta, Brida con 229 g/planta y Iceberg con 214 g/planta. El mayor número de hojas se presentó en la variedad Lisa Elisa con 34 hojas/planta, seguido por Mimosa Verde 34 hojas/planta, Caipira 28 hojas/planta y Brida con 23 hojas/planta.

Palabras clave: Agua; Eficiencia; Producción alternativa; Soluciones nutritivas

Summary. Agronomic behavior of ten lettuce varieties (*Lactuca sativa* L.) in hydroponic crop. In Cochabamba, a source of irrigation water supply is the Rocha River waste, which is used without any treatment. Given the growing population, water pollution and its use for irrigation in vegetables crops, the hydroponics is an alternative that can contribute to provide healthy food with efficient use of water. On the other hand, lettuce varieties are scarce; in this sense, the present research aimed to select varieties of better behavior under hydroponic cultivation. The results showed that the varieties with better performance and higher yield in winter were: Lisa Elisa with a weight of 257 g/plant, Caipira with 262 g/plant, Brida with 229 g/plant and Iceberg with 214 g/plant. The largest number of leaves was presented in the Lisa Elisa variety with 34 leaves/plant, followed by Mimosa Verde with 34 leaves/plant, Caipira 28 leaves/plant and Brida with 23 leaves/plant.

Keywords: Water; Efficiency; Alternative production; Nutrient solutions

Introducción

En Bolivia, 67,3% de la población del país habita en áreas urbanas. En Cochabamba 334 mil personas migraron desde las áreas rurales desde 2001 a 2009 (Lledo, 2013), lo cual implica un mayor consumo de alimentos y una necesidad de buscar nuevas alternativas de producción.

Uno de los factores más preocupantes del valle de Cochabamba, que abarca un área de 43.160 hectáreas y una población de 900.000 habitantes, es la escasez de agua, dado que se trata de una zona con vocación agropecuaria. Actualmente una fuente importante de abastecimiento de agua para riego, son las aguas residuales del Río Rocha, las que se utilizan sin un tratamiento apropiado.

Maldonado *et al.*, (1988) indican que ante la creciente poblacional, la migración continua y la contaminación de hortalizas, la hidroponía es una alternativa que puede contribuir significativamente en proveer alimento sano y de calidad, haciendo un uso eficiente del agua para la producción sin suelo. En ese sentido, el presente trabajo de investigación se plantea como objetivo seleccionar variedades de lechuga con mejor comportamiento bajo condiciones de cultivo hidropónico.

Materiales y métodos

Ubicación. El ensayo se desarrolló en la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias de la UMSS. Geográficamente se localiza a 17°24' de latitud Sur y 66°10' de longitud Oeste, con una temperatura promedio de 18°C, humedad relativa media de 56%, precipitación promedio anual de 450 mm y a una altitud de 2560 msnm (Rosales, 2009).

Consideraciones generales. El ensayo se estableció bajo malla semi sombra al 50%, en sistema NFT en el cual se utilizaron 3 baterías de 8 filas, cada fila de 8 m de largo, de tubo PVC blanco de 3", con 40 aperturas para la inserción de las plantas, y un sistema de bombeo automatizado de riego durante 15 minutos.

La solución nutritiva fue la indicada por la *Universidad Agraria La Molina*. La semilla de las 10 variedades de lechuga fueron donadas por el Prof. Fernando Cesar Sala de la *Universidad de Sao Carlos* (Brasil), las cuales se almacenaron en sustrato tierra vegetal y arena 1:1, con riego permanente una vez por día. A los 15 días de germinación, se realizó el primer trasplante a micro celdas y a los 15 días después del primer trasplante fueron trasplantadas definitivamente a los

canales de cultivo, hasta la cosecha, la misma que se realizó de acuerdo al ciclo de cada variedad.

Los factores bióticos fueron controlados preventivamente 15 días a la cosecha con fungicidas y/o insecticidas, de acuerdo a recomendaciones del Laboratorio de Fitopatología.

El pH y la conductividad eléctrica se mantuvo entre 5,5 a 6,5 y 1,5 a 2,4 S/cm², respectivamente.

Análisis estadístico. Se utilizó el diseño de bloques completos al azar, con tres repeticiones; cada repetición consistió de 30 plantas para un total de 90 plantas por variedad.

Análisis de varianza. Se realizó un muestreo al azar de tres plantas por repetición, cada 7 días por métodos no destructivos. Las variables de respuesta fueron:

- Peso de la planta entera.
- Número de hojas totales.

En total se hicieron 3 ensayos: verano, otoño e invierno con las 10 variedades de lechuga.

Resultados y discusión

Incremento de peso y número de hojas en siete semanas

A partir de las lecturas semanales (hasta la semana 7), se generaron curvas de incremento de peso y número de hojas de las 10 variedades de lechuga, en el segundo trasplante en los canales de cultivo. La tasa de incremento de peso y número de hojas por semana se muestra en los cuadros 1 y 2.

Cuadro 1. Incremento de peso

Variedad	Peso/semana (g)
Bonanza Grand Rapids	62,84 b
Caipira	88,72 a
Mondai	44,43 d
Crocantela	71,15 b
Mimosa Verde	59,22 c
Crespa Roja	29,77 e
Lisa Elisa	80,40 a
Brida	80,72 a
Iceberg Gloriosa	80,71 a
Bancho Red Fire	56,10 c

Cuadro 2. Número total de hojas a la séptima semana antes de la cosecha

Variedad	Nro. de hojas/semana
Bonanza Grand Rapids	11,87 c
Caipira	15,05 b
Mondai	12,83 b
Crocantela	9,89 d
Mimosa Verde	16,92 a
Crespa Roja	10,88 c
Lisa Elisa	17,18 a
Brida	12,86 b
Iceberg Gloriosa	10,78 c
Bancho Red Fire	11,26 c

En cuanto a rendimiento en términos de peso por planta entera, Caipira, Lisa Elisa, Brida, Crocantela e Iceberg Gloriosa, no presentaron diferencias significativas, pero fueron superiores respecto a Bonanza, Grand Rapids, Mimosa Verde, Bancho Red Fire y Mondai. Crespa Roja mostró el menor rendimiento (Figura 1).

En número de hojas, las variedades, Lisa Elisa y Mimosa Verde no registraron diferencias significativas, pero sí respecto a Caipira. Las variedades Bonanza Grand Rapids, Mondai, Brida y Bancho Red

Fire, no registraron diferencias significativas. Las variedades Iceberg Gloriosa y Crespa Roja presentaron diferencias significativas respecto a las anteriores variedades descritas, como se muestra en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Número de hojas de diez variedades de lechuga a la 7ma. semana

Variedad	Nro. de hojas
Bonanza Grand Rapids	21,44 c
Caipira	27,77 b
Mondai	23,35 c
Crocantela	16,12 e
Mimosa Verde	33,46 a
Crespa Roja	19,45 d
Lisa Elisa	34,44 a
Brida	22,79 c
Iceberg Gloriosa	18,10 d
Bancho Red Fire	21,67 c

Conclusiones

- Las variedades de mejor rendimiento y adaptabilidad fueron Lisa Elisa, Caipira, Brida e Iceberg, las cuales presentaron un mejor comportamiento en el sistema hidropónico en invierno.
- De acuerdo a normas de vivero, la lechuga debe salir al mercado en un lapso de 60 a 65 días. En la presente investigación el tiempo se prolongó por una semana más, probablemente por las bajas temperaturas.
- En relación al número de hojas, la variedad Lisa Elisa fue la mejor, seguida por Mimosa Verde, Caipira y Brida.
- El peso de la planta no va correlacionado con el número de hojas.

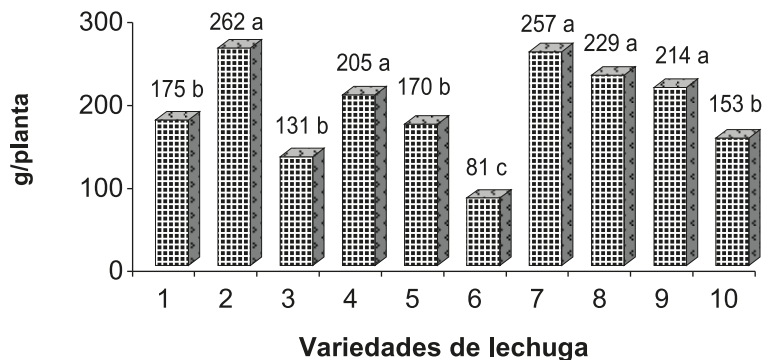


Figura 1. Rendimiento de diez variedades de lechuga bajo cultivo hidropónico (en gramos por planta)

Referencias:	1: Bonanza Grand Rapids	6: Crespa Roja
	2: Caipira	7: Lisa Elisa
	3: Mondai	8: Brida
	4: Crocantela	9: Iceberg Gloriosa
	5: Mimosa Verde	10: Bancho Red Fire

Referencias citadas

Ledo C. 2009. Estudio sobre los patrones de migración interna e internacional en Bolivia. Documento de trabajo. Informe Nacional sobre Desarrollo Humano. PNUD Bolivia. *En línea*. Disponible en: http://idh.pnud.bo/usr_files/informes/nacional/INDH2010/documentos/CarmenLedo.pdf Consultado el 29 de noviembre de 2011

Maldonado M., van Damme P., Rojas J. 1988. Contaminación y eutrofización en la cuenca del Río Rocha (Cochabamba). 7 p.

Rosales. 2009. (Citado por Jora, H. 2014). Evaluación de dos tipos de alimento concentrado en cuyes (*Cavia porcellus*) en el Proyecto Mejocuy. FCAyP-UMSS. Cochabamba, Bolivia.

Trabajo recibido el 28 de junio de 2016 - Trabajo aceptado el 24 de agosto de 2016

Comportamiento de plántulas de tomate sembradas en sustratos a base de humus de lombriz, compost y cascarilla de arroz

Marvel Navia; Víctor Pedrazas

Departamento de Fitotecnia – FCAPyF - UMSS

E mail: marvelnavia@gmail.com

Resumen. Con la finalidad de evaluar el comportamiento de plantines de tres variedades de tomate, bajo diferente sustratos orgánicos de origen local, se llevó a cabo un experimento en invernadero, bajo un diseño factorial completamente al azar, con doce tratamientos y cuatro repeticiones. Las variables evaluadas fueron altura de planta, diámetro de tallo, biomasa aérea, biomasa radicular y largo de raíz. Se concluye que las plántulas de tomate de las tres variedades mostraron diferente comportamiento en algunas variables, bajo los diferentes sustratos evaluados. El sustrato humus de lombriz generó mayor altura, peso aéreo y radicular. Hubo un segundo mejor comportamiento en el sustrato donde se combinó humus de lombriz y cascarilla de arroz, por lo que hay una tendencia de usos alternativos de estos materiales.

Palabras clave: Horticultura; Producción orgánica; Propagación vegetal

Summary. Behavior of tomato seedlings sown in substrates based on worm humus, compost and rice husks. In order to evaluate the behavior of seedlings of three tomato varieties, under different organic substrates of local origin, a greenhouse experiment was carried out under a completely random factorial design, with twelve treatments and four replications. The variables evaluated were plant height, stem diameter, aerial biomass, root biomass and length. It is concluded that tomato seedlings of the three varieties showed different behavior in some variables, under the different substrates evaluated. The worm humus substrate generated higher height, aerial and root weight. There was a second better behavior in the substrate where worm humus and rice husk were combined; consequently, there is a tendency for alternative uses of these materials.

Keywords: Horticulture; Organic production; Vegetable propagation

Introducción

El presente trabajo forma parte del Proyecto *Mejoramiento del Manejo Agronómico de Hortalizas Priorizadas para la Eco Región I*, bajo el convenio INIAF - UMSS 2014 - 2016. En la producción de cultivos hortícolas es estratégica la etapa de crecimiento inicial de la planta, ya que es imprescindible una planta de calidad para obtener una buena producción final del cultivo.

La necesidad de cumplir con una constancia en oferta y calidad, ha llevado a que la producción de almácigos de hortalizas se desarrolle de tal forma que actualmente sea una especialidad por sí misma.

De un buen almácigo depende todo el cultivo posterior, por lo que las aplicaciones tecnológicas y el conocimiento técnico en su elaboración son un requerimiento real.

Entre las ventajas del almácigo están la mayor precocidad y homogeneidad del cultivo, un manejo más eficiente de la semilla como insumo y la oportunidad de seleccionar las plantas más aptas para ser sembradas en campo o invernadero.

Debido a que estos almácigos se elaboran en bandejas, el sustrato empleado es un factor fundamental, puesto que determina en gran parte la calidad de ese almácigo.

No obstante, debido al alto costo de los sustratos importados, surge la necesidad de disponer de un material producido localmente, estable y de probada calidad e inocuidad y que permita fortalecer e implementar el manejo agroecológico, en la producción de hortalizas de la región.

Esto, además de ser un importante ahorro de divisas, evitaría los problemas de diseminación de plagas y enfermedades de una región a otra.

Actualmente en la región no existe información científica, realizada en la elaboración de sustratos para la producción de plantines de tomate.

Uno de los sustratos más utilizados para la producción de plántulas, en el ámbito mundial, es la turba de musgo (*Sphagnum* peat moss); sus características físicas, químicas y biológicas permiten una excelente germinación y crecimiento de las plántulas, pero su costo elevado y explotación no sostenible, ha comenzado a restringir su uso.

Esto ha motivado la búsqueda de sustratos alternativos, que permitan generar información, para producir plantas de buena calidad, a bajo costo y principalmente mediante el uso de sustratos elaborados con materiales orgánicos, disponibles localmente.

Por lo expuesto, la investigación planteó el objetivo central de evaluar el comportamiento de tres variedades de tomate con el uso de sustratos locales: cascarilla de arroz, compost y humus de lombriz.

Mediante la divulgación de los resultados obtenidos, los productores podrán emprender la implementación de una nueva alternativa tecnológica en la producción agrícola en la región, porque beneficiará la producción de hortalizas, especialmente el cultivo de tomate, en el Cono Sur de Cochabamba y otras zonas productoras de similares condiciones.

Materiales y métodos

El ensayo se realizó en el invernadero de la FCAyP de la UMSS, ubicado en la zona “La Tamborada”, provincia Cercado de Cochabamba, comprendido en los paralelos 17° 26” 35” de latitud Sud, y 66° 26” 25” de longitud Oeste, a una altitud de 2565 msnm.

La zona presenta una precipitación media anual de 500 mm, con distribución irregular.

La temperatura exterior promedio es de 17,1°C y la temperatura mínima 4,8°C, con una humedad relativa promedio de 60% dentro del invernadero.

Se emplearon tres variedades de tomate:

- ⇒ Lía
- ⇒ Galileo
- ⇒ Súper Río Grande

Éstas se plantaron en cuatro sustratos diferentes correspondientes a:

- Cascarilla de arroz (CA)
- Cascarilla de arroz + compost (CA+C)
- Cascarilla de arroz + compost + humus de lombriz (CA+C+H)
- Humus de lombriz + compost (H+C)

El diseño estadístico utilizado fue completamente al azar, con dos factores: 3 variedades y 4 sustratos, para un total de 12 tratamientos, cada uno con cuatro repeticiones, lo que significa la evaluación de 48 unidades experimentales.

Una vez sembradas las semillas de tomate en los sustratos correspondientes, estos fueron regados diariamente durante 45 días, aplicando la misma cantidad de agua.

Las variables de respuesta medidas, culminando el experimento, fueron:

- Altura de planta
- Biomasa fresca de follaje y raíz
- Diámetro del tallo
- Longitud radicular

Para el análisis de los datos que presentaron diferencias significativas en el ANOVA, se aplicó la prueba de Tukey al 5%, para definir los mejores tratamientos.

Resultados y discusión

En el Cuadro 1 se muestra todos los valores promedios de las variables evaluadas en el trabajo de investigación.

Cuadro 1. Valores promedios de las variables consideradas en la propagación de plántulas de tomate, con tres variedades y cuatro sustratos diferentes

Variedad de tomate	Tipo de sustrato *	Código de tratamiento	Variables de respuesta				
			Altura planta (cm)	Longitud de raíz (cm)	Biomasa aérea (g)	Biomasa radicular (g)	Diámetro de tallo (mm)
Galileo	CA	T 1	8,9	8,2	0,447	0,460	2,01
	CA + C	T 2	9,5	6,2	0,528	0,508	2,69
	CA + C + H	T 3	17,0	5,0	1,723	1,165	2,87
	H + C	T 4	18,0	6,0	2,196	1,360	3,32
Lia	CA	T 5	4,5	8,5	0,169	0,124	2,09
	CA + C	T 6	8,0	5,0	0,416	0,248	2,81
	CA + C + H	T 7	11,0	6,0	0,891	0,841	2,98
	H + C	T 8	10,0	5,8	1,008	0,631	3,41
Super Río Grande	CA	T 9	8,8	8,1	0,415	0,376	2,04
	CA + C	T 10	13,0	6,0	1,125	0,938	2,72
	CA + C + H	T 11	15,2	8,0	1,343	1,246	2,99
	H + C	T 12	17,0	6,0	1,440	1,689	3,43

CA: Cascarilla de arroz; CA+C: Cascarilla de arroz + compost; CA+C+H: Cascarilla de arroz + compost + humus de lombriz; H+C: Humus de lombriz + compost

Altura de planta

Según el ANVA para esta variable, no se presentan diferencias significativas para las variedades, por lo cual la altura de planta no es influenciada por los sustratos, debido a que esta variable la define las condiciones ambientales, el medio de propagación de las plantas de tomate y de la carga genética (Lemes *et al.*, 2001; Taiz y Zeiger, 1998).

En cuanto a los sustratos, la mezcla de compost con humus de lombriz, fue donde se tuvo mejor respuesta, seguido de la mezcla de humus de lombriz + compost + cascarilla de arroz.

Con respecto a la cascarilla de arroz, Westervelt (2003) también encontró que las plantas más altas fueron sembradas en el tratamiento de la mezcla de humus y cascarilla de arroz. Las condiciones fisicoquímicas de cada sustrato son las que definen el comportamiento de la altura de las plantines de tomate cultivados (Simon *et al.*, 1984)

Al evaluar los sustratos H+C y CA+C+H, se observó que estos presentan un buen contenido nutricional, pH óptimo y adecuadas condiciones de aireación y retención de humedad, lo cual garantiza las mejores condiciones para su crecimiento.

Esto se reflejó en la altura final de las plantas (Cuadro 1), donde los dos sustratos permiten lograr valores altos para esta variable. Caso contrario se da con el sustrato CA+C, el cual presenta limitaciones por una débil estructura que favorece su rápida compactación, y al de la cascarilla de arroz, el cual es un sustrato inerte con poca retención de agua y nutrientes, por esto reportaron valores inferiores a los otros tratamientos.

El crecimiento de las plantas en altura, depende del aporte de agua, nutrientes, energía y aire que un medio pueda aportarle. La combinación de humus de lombriz+compost, fue el tratamiento que mejores resultados reportó para la altura de plantines de tomate en las tres variedades, con diferencias significativas con respecto a las demás combinaciones.

Biomasa fresca de follaje y raíces

Las variables de respuesta de biomasa de follaje y raíz, reportaron diferencias significativas para las variedades y también para los sustratos utilizados en el trabajo, lo que indica que existe diferencia en al menos un tratamiento evaluado.

Así, el tratamiento de la mezcla humus de lombriz + compost, reportó los mayores valores respecto a los otros tratamientos, con mayor cantidad de biomasa fresca de raíces, tallos y hojas en las plantas cultivadas en este sustrato (Cuadro 1). Esto se debe a las propiedades fisicoquímicas del compost y humus de lombriz, las cuales garantizan a la semilla de tomate, mejores condiciones para el enraizamiento y por tanto una mayor respuesta en la producción de biomasa. La producción de materia fresca de tallos es un indicador del estado de vigor de una plántula (Cárdenas, 1989).

Las hojas, al ser el principal órgano sintetizador de carbohidratos de la planta (Marschner 2002; Izco 1997), deben tener un buen sustrato que le garantice un suministro adecuado de nutrientes. El sustrato compost + humus, favorece el crecimiento de las raíces debido a un alto contenido inicial de nutrientes y a su retención de humedad, lo que ayuda a una buena relación fuente-vertedero, que se ve reflejada en la producción de biomasa fresca.

Para la biomasa fresca de tallos y raíces, también se tuvo diferencias significativas respecto a las variedades de tomate. Los promedios se presentan en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Valores promedios de biomasa aérea y radicular (g), para tres variedades de tomate evaluadas

Variedad	Biomasa aérea	Biomasa radicular
Galileo	1,224	0,873
Lia	0,621	0,461
Río Grande	1,081	1,062

Diámetro del tallo

El diámetro del tallo de los plantines de tomate, para las variedades, no reportó ninguna diferencia significativa.

En tanto, respecto a los sustratos, se observó diferencias significativas, donde los mayores valores se dieron en el tratamiento con H + C, seguido del tratamiento H + C + CA. El sustrato con solo cascarilla de arroz (CA), reportó los menores valores (Cuadro 1).

Según Cárdenas (1989), la producción de materia fresca de tallos, es un indicador del estado de vigor de una plántula. Como se muestra en la investigación, a mayor biomasa, se tiene mayor diámetro de tallo, lo cual repercute directamente en la calidad de plantines y el vigor de éstos.

Longitud radicular

La variable longitud de raíces, no mostró diferencias significativas entre las variedades, pero dentro de cada variedad reportó diferencias para los sustratos utilizados.

Así, en el tratamiento con el sustrato de solamente cascarilla de arroz (la cual se considera como inerte), se tuvo los mayores valores, entre 8.1 y 8.5 cm de largo, lo cual se explica por la porosidad que muestra el sustrato y la falta de agua, debido a la baja retención de humedad que presenta (Cuadro 1).

Con los otros tratamientos, el desarrollo de raíces no muestra diferencias significativas, pero sí mayor número de raicillas, lo cual contribuye para un mejor desarrollo y calidad de plantines de tomate, debido al gran porcentaje de aireación y nutrientes existentes, lo que favorece los procesos de división celular y los procesos fisiológicos adecuados para el desarrollo (Fonteno, 1996).

Esto hace que la parte aérea de la planta tenga una mejor actividad, pues incrementa la producción de esqueletos de carbono y de ATP, importantes para la formación de proteínas, almidón, sacarosa, fructanos, ácidos nucleicos y lípidos (De Visser, 1987). De esta manera, el proceso respiratorio de crecimiento, se ve favorecido, por lo que se generará una mayor longitud promedio de raíces.

Conclusiones

- Las plántulas de tomate, de las variedades Lia, Galileo y Super Río Grande, mostraron diferente comportamiento en las variables de altura de planta y biomasa aérea fresca y radicular, bajo diferentes sustratos evaluados en este estudio.
- El sustrato de humus de lombriz + compost, generó mayor altura de planta, mayor biomasa aérea y radicular fresca. Sin embargo, hubo un segundo mejor comportamiento en el

sustrato donde se combinó cascarilla de arroz + compost + humus de lombriz, por lo que hay una tendencia de usos alternativo de estos materiales.

Referencias citadas

- Cárdenas M. 1989. Manual de plantas económicas de Bolivia. Segunda edición. Ed. Los Amigos del Libro. Bolivia. 333 p.
- De Visser R. 1987. On the integration of plant growth and respiration. pp. 331-340. In: Moore A. y R. Beechey (eds.). Plant mitochondria. Plenum Press, Nueva York. USA.
- Fonteno W. 1996. Growing media: types and physical/chemical properties. pp. 93-122. In: Reed, D. (ed.). Water, media, and nutrition for greenhouse crops. Ball Publishing Inc., Batavia, Illinois. USA.
- Izco, J. 1997. Botánica. 1ra. ed. Mc Graw-Hill / Interamericana. Madrid, España.
- Lemes C.; Rodríguez C.; Acosta L. 2001. Multiplicación vegetativa de *Rosmarinus officinalis* L. (romero). Rev. Cubana Plant. Med. 6(3):79-82.
- Marschner H. 2002. Mineral nutrition of higher plants. 2nd. edition. Edit. Academic Press, London, UK. 889 p.
- Simom E.; Chadwick A.; Craker L. 1984. The herbs: An indexed bibliography. 1971-1980. The scientific literature on selected herbs, and aromatic and medicinal plants of the temperate zone. Archon Books. 770 p.
- Taiz L.; Zeiger E. 1998. Plant physiology. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts. USA. 792 p.
- Westervelt P. 2003. Effect of growing medium and irrigation rate on growth of *Rosmarinus officinalis*. M.Sc. Thesis. Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Virginia, USA.

Trabajo recibido el 26 de julio de 2015 - Trabajo aceptado el 20 de marzo de 2016

Desarrollo de un modelo predictivo de distribución geográfica de cacao (*Theobroma cacao*) en comunidades indígenas del Trópico de Cochabamba

Esther Rojas¹; Jhonny Torrez²; Jorge Rojas¹

¹ Centro de Biotecnología y Nanotecnología Agropecuario y Forestal – FCAyP - UMSS

² Departamento de Ingeniería – FCAyP - UMSS

E mail: erojasvargas@gmail.com

Resumen. En comunidades indígenas del trópico de Cochabamba existe producción de cacao silvestre nativo, que es considerado un recurso natural con alta demanda en el mercado internacional y nacional. Por sus características, este material podría ser utilizado en programas de mejoramiento genético del cacao; para este propósito es necesario conocer las zonas con mayor presencia de cacao nativo. Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) han demostrado ser una herramienta muy útil en estudios de distribución de especies. En el presente trabajo se utilizó variables climáticas, variables geológicas, geomorfología, pendientes, altura y vegetación, las cuales sirvieron para generar mapas de presencia y/o ausencia de *Theobroma cacao*. Las variables geología, geomorfología, altitud y vegetación, son las que determinan la presencia de la especie. Se generó un mapa de factores biofísicos utilizando las variables geología+ geomorfología + altitud. El mapa de presencia y/o ausencia se generó utilizando el mapa de factores biofísicos más la variable vegetación, obteniendo un mapa predictivo realizado de forma supervisada. La validación en campo demostró que el modelo de acuerdo a las variables utilizadas es preciso, pero debe incluirse nuevas variables como pH, tipo de suelo y aumentar el número de estaciones meteorológicas.

Palabras clave: SIG; Mapas; Métodos Predictivos; Biodiversidad

Summary. Development of a predictive geographical distribution model of cacao (*Theobroma cacao*) in indigenous communities of the Tropic of Cochabamba. In indigenous communities in the tropic of Cochabamba, there is production of native wild cacao, which is considered a natural resource with high demand in the international and national market. Due to its characteristics, this material could be used in genetic improvement programs of cacao; for this purpose, it is necessary to know the areas with the highest presence of native cacao. The Geographic Information Systems (GIS) have proved to be a very useful tool in studies of species distribution. In the present work, climatic variables, geological variables, geomorphology, slopes, height and vegetation were used which served to generate maps of presence and / or absence of *Theobroma cacao*. The geology, geomorphology, altitude and vegetation variables are the ones that determine the presence of the species. A map of biophysical factors was generated by using the geology + geomorphology + altitude variables. The map of presence and/or absence was generated using the map of biophysical factors plus vegetation variable, obtaining a predictive map performed in a supervised manner. Field validation showed that, the model according to the variables used, is accurate, but new variables such as pH, soil type and increasing the number of meteorological stations should be included.

Keywords: GIS; Maps; Predictive Methods; Biodiversity

Introducción

El cacao, *Theobroma cacao* L. es un árbol nativo de regiones húmedas tropicales del norte de Sur América. En el mundo, el árbol de cacao crece en zonas tropicales que gozan de condiciones climáticas y medioambientales adecuadas, favoreciendo directamente a pequeñas propiedades familiares y explotaciones agrícolas de comunidades indígenas.

El cacao nativo existe en **estado silvestre** (*estado de las plantas en el bosque natural que producen y se reproducen sin la intervención del hombre*) y **estado cultivado** (*en parcelas pequeñas y que realizan prácticas culturales para incrementar rendimientos*), es un grupo genético que contiene características particulares que los distinguen de otros genotipos (forasteros y trinitarios).

Actualmente existen estudios sobre el cacao nativo en Bolivia y se estima que existe una superficie de 12.115 hectáreas de cacao nativo silvestre, de esta superficie solo el 40% es aprovechado. También se menciona que la producción en porcentaje se distribuye de la siguiente manera (Bazoberry y Salazar, 2008).

- Beni 67%
- Santa Cruz 24%
- La Paz 6%
- Pando 2%
- Cochabamba 1%

El dato mencionado sobre la producción de cacao nativo en el trópico de Cochabamba es irreal, ya que la mayor superficie de las TCO, cuentan con las condiciones propicias para el cultivo.

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG), permiten almacenar, ver, manipular y analizar una gran cantidad de datos georeferenciados de una forma eficaz y rápida. La generación de modelos de distribución geográfica de especies son para identificar áreas específicas de presencia y/o ausencia, de acuerdo a características definidas como climáticas (temperatura, precipitación, humedad relativa), suelo, vegetación, geología, geomorfología.

Los modelos de distribución de especies indican la idoneidad del hábitat para el desarrollo de poblaciones de una especie concreta o de una comunidad, calculada a partir de observaciones en campo y una serie de variables ambientales que actúan como predictores.

El trabajo -a través de herramientas SIG- busca identificar posibles sitios de presencia de cacao, tomando como variables ambientales las climáticas, vegetación geología geomorfología altitud y pendiente; cada una de estas variables como resultado, muestra un mapa óptimo de presencia y o ausencia en las tres TCO del Trópico de Cochabamba.

Materiales y métodos

Recopilación de información

Se recolectó información secundaria de SERGEOMIN (Servicio Geológico Minero), en el que se encuentra mapas geológicos y geomorfológicos de Bolivia. Además se tuvo acceso a datos climáticos del SENAMHI de un periodo de 10 años.

La interpretación de imágenes satélite, para este estudio, representan el insumo principal; se utilizó la imagen LANDSAT-TM del año 2010 con una resolu-

ción de 30 m * 30 m, sobre la cual se efectuaron combinaciones de bandas de acuerdo a las necesidades de cada interpretación.

Definición de las variables ambientales

a. Climáticas. Los requerimientos climáticos óptimos del cacao, determinan la presencia, desarrollo y producción de esta especie. Para el estudio se consideraron tres parámetros climáticos: temperatura, precipitación y humedad relativa.

b. Vegetación. El estudio de la cobertura vegetal permitió establecer las zonas de acuerdo al tipo de bosque y el uso actual de suelo existentes, lo que determinará la superficie de cada unidad identificada.

c. Geología y geomorfología. La base para la generación de los mapas geológicos y geomorfológicos de la zona de estudio, son los mapas de Bolivia generados por el Servicio Geológico Minero.

d. Altitud y pendiente. Para generar información de altitud y pendiente, se utilizó el DEM (*modelo de elevación digital*) de Bolivia, generado por el Servicio Geológico Minero.

Generación del modelo - Criterios de presencia y ausencia de cacao

Los criterios de presencia son los requerimientos óptimos del cacao (Cuadro 1),

los cuales obtendrán el valor más alto; para el estudio corresponde a 4, aspecto que permitirá identificar el sitio exacto de presencia, existiendo valores menores, lo que implica que la probabilidad es alta con un valor de 3, media 2 y baja 1. Los criterios de ausencia se establecen para definir aquellas zonas que no cumplen con las características óptimas requeridas por el cacao, son las que se encuentran entre rangos mayores y menores a los requerimientos óptimos y se les asigna valor cero (0), denominándole ausencia.

Métodos de interpolación

El software ARC GIS 10, utiliza programas de interpolación como el Arc. Map. Se eligió este programa porque cumple las condiciones de trabajar simultáneamente con estructuras de datos vectoriales y raster, permitiendo operaciones avanzadas de álgebra de mapas y dispone de un lenguaje de desarrollo suficiente para la automatización de tareas.

Validación del modelo de presencia de cacao

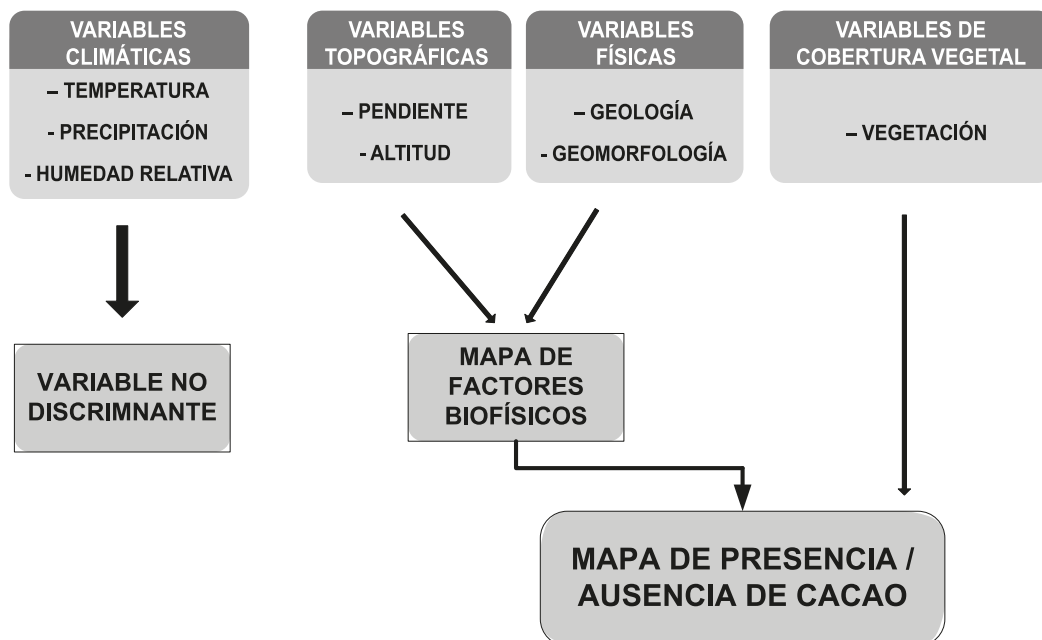
La identificación de presencia de cacao, se realizó a través de transectos que fueron trazados de acuerdo a la accesibilidad de caminos. En todas las zonas se tomaron datos georeferenciados de los sitios y se realizaron encuestas semi estructuradas a los indígenas.

Cuadro 1. Condiciones climáticas para la presencia de cacao

Variables	Máxima	Mínima	Óptima
Temperatura °C	30- 32	18- 21	25 - 26
Precipitación mm	3500	1200	1500
Humedad relativa %	85	65	70- 80
Altitud msnm	620	0	400- 600

Elaborado en base a revisión bibliográfica

Esquema del modelo de presencia de cacao



Resultados y discusión

Descripción y ubicación de la zona de estudio

El área de estudio se encuentra en el Trópico de Cochabamba, en las tres TCO: TIPNIS, YURACARE y YUQUI. Tiene características climáticas y bióticas, típicas de los bosques húmedos tropicales amazónicos. La superficie del área de estudio es de 1.451.472,93 hectáreas.

Descripción de las variables

Geología. La geología a nivel regional del Trópico de Cochabamba, se halla conformada por rocas paleozoicas del cámbrico, ordovícico, silúrico, devónico, carbónico y pérmico; suprayacen rocas del cretácico, correspondiente al mesozoico, y estratos del terciario que pertenecen al cenozoico; a las rocas mencionadas, suprayacen sedimentos del cuater-

nario aluvial en el cauce, depósitos aluviales asociados a terrazas y abanicos aluviales, depósitos fluvio lacustres y terrazas antiguas, sedimentos coluviales, y deslizamientos. *La mayor probabilidad de encontrar cacao (4) es Cuaternario: Deposito Coluviales, Aluviales y Fluvio Lacustres en una superficie de 884.128,4 has.*

Geomorfología. Mediante la interpretación de imágenes satelitales (Landsat TM del año 2010), se ha elaborado un mapa de unidades geomorfológicas, considerando los procesos, formas, pendientes y tipo de movimiento, que utilizaron para realizar el Plan Nacional de Cuencas, en el cual se sobrepuso el área de estudio. *La mayor probabilidad de encontrar cacao (4) es en la llanura de inundación ocasional y excepcional.*

Vegetación y uso de suelo. Para la generación del mapa de vegetación y uso de suelo, se utilizó la metodología de clasi-

ficación supervisada, utilizando como base, la imagen satelital Landsat 2010. *En el área de bosques existe mayor probabilidad de encontrar cacao (4) y en ríos, pantanos ausencia (0), curichis baja probabilidad (1) y en agricultura (2), probabilidad media.*

Humedad relativa. El requerimiento óptimo de humedad relativa, para que el cacao se desarrolle adecuadamente, es de 70% a 80 %. Los datos obtenidos de las estaciones meteorológicas, que son promedios anuales de un periodo de 10 años, muestran un rango de 70% a 82 %. Con estos datos el software modela y determina la humedad en la zona de estudio, el método de interpolación utilizado es IDW (*Distancia Inversa Ponderada*). *Según estos resultados, toda la zona de estudio presenta probabilidad alta de presencia de cacao.*

Precipitación. Las condiciones de precipitación para la presencia de cacao, están en un rango de 3.500, 1.200 y 1.500 mm de lluvia, como valores máximo, medio y óptimo, respectivamente. Como no existen estaciones meteorológicas dentro el área de estudio, el programa realizó una interpolación con el método Kriging, que genera una superficie estimada a partir de un conjunto disperso de puntos con n valores. *De acuerdo al resultado del mapa, la probabilidad de presencia de cacao es alta.*

Temperatura. En la zona de estudio la temperatura mínima está en un rango de 19°C a 20°C, el que se encuentra dentro de los parámetros mínimos requeridos (18°C a 21°C). La temperatura máxima es de 29°C a 32°C y la temperatura media de 24°C a 26°C, ambos dentro de las condiciones óptimas requeridas por el cacao.

Elaboración del mapa de presencia de cacao en las comunidades Indígenas del Trópico de Cochabamba

Para elaborar el mapa probabilístico de distribución de cacao, se utilizó el Software Arc-Gis 10, que consiste en un programado de algoritmo matemático, a través de un Sistema de Información Geográfica, el cual integra las variables ambientales, geología, geomorfología y vegetación, con los datos de presencia del cacao (parámetros determinados por los requerimientos óptimos de cacao).

Mapa de presencia de cacao - Factores biofísicos. De acuerdo al modelo, se realizó un álgebra de mapas, que incluye un amplio conjunto de operadores que se ejecutan sobre una o varias capas raster de entrada, para producir una o varias capas raster de salida. Por operador se entiende un algoritmo que realiza una misma operación en todas las celdillas de una capa raster. Estos operadores se definen mediante ecuaciones. Cada capa raster es una matriz de números y la operación se realiza para todos los números de la matriz, por tanto para todas las celdillas de la capa raster.

Mapa final de presencia de cacao. La variable vegetación es considerada de mucha importancia, teóricamente el cacao nativo, en estado silvestre, se encuentra en los bosques poco intervenidos y que se asocian con especies forestales como el bibosi, almendrillo, sangre de toro (información verbal obtenida de los indígenas). Existe mayor presencia de cacao cerca a las riberas de los ríos. Para la generación del mapa final de presencia de cacao, también se utilizó la herramienta del Arc. Gis 10 álgebra de mapas (mapa de factores biofísicos + mapa de vegetación) (ver Figura 1).

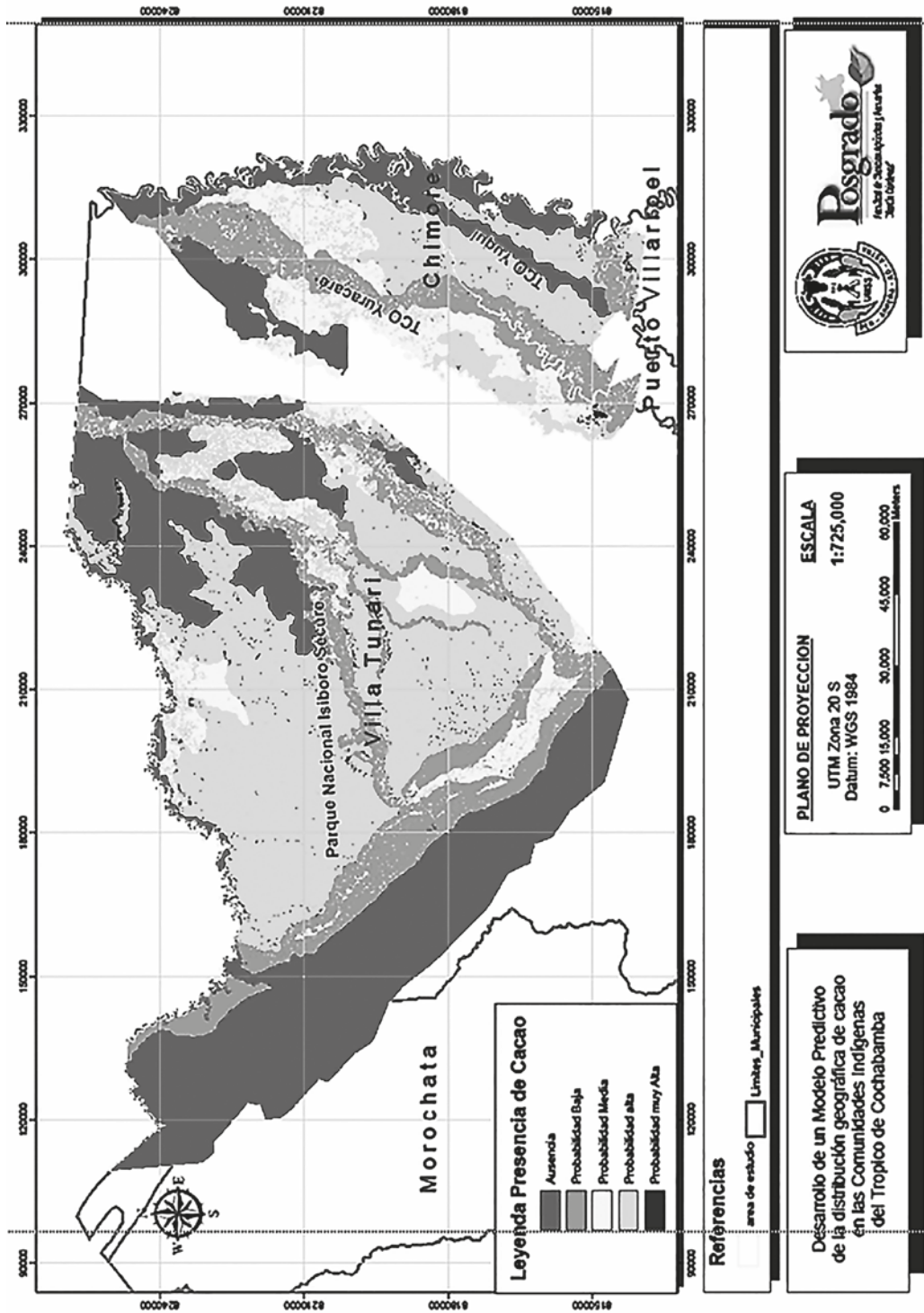


Figura 1. Mapa de presencia / ausencia de cacao en comunidades indígenas del Trópico de Cochabamba

La clasificación de vegetación y uso de suelo, es uno de los factores que determina la presencia de cacao, existiendo dentro de esta clasificación, los curichis y los pantanos, en los que la probabilidad de encontrar cacao es muy baja o de ausencia total.

De acuerdo al modelo generado, solo el 0.69% de la superficie total, corresponde a una probabilidad *muy alta*, mientras que la superficie de ausencia de cacao es de 32.87%, es decir que con las variables seleccionadas, se podría estar subestimando la superficie de probabilidad *muy alta*.

En el Cuadro 2 se muestra los resultados del mapa de presencia de cacao, el cual indica que la probabilidad de presencia de cacao es la suma de *muy alta*, *alta*, *media* y *baja*, alcanzando el valor de 67.12% y la ausencia de cacao corresponde a 32.87%.

Validación de resultados en campo

Concluido el trabajo de gabinete, se realizó los viajes de expedición, teniendo identificado en el mapa los posibles sitios

donde podría existir mayor probabilidad de cacao.

Los lugares en las que no se encontraría cacao corresponden a la zona de cordillera y zona muy baja, con bastante presencia de pantanos del TIPNIS: las TCO Yuqui y Yuracaré no presentan cacao en los pantanos, se visitó la comunidad “Santa Isabel” y se corroboró la información a través de cuestionarios estructurados, que se realizaron a autoridades de la comunidad.

De las 18 comunidades analizadas, 5 coinciden tanto en el modelo generado como en campo, 4 comunidades con presencia alta en campo, en el modelo están en baja a media probabilidad, 5 comunidades en campo con probabilidad media, en el modelo reportan baja probabilidad.

De acuerdo a esta apreciación, el modelo tiene una eficiencia de 30%. La corroboración en campo, demuestra que el modelo es medianamente confiable, debido a que para la información climática se tomaron solo siete estaciones.

Cuadro 2. Probabilidad de presencia / ausencia de cacao (*Theobroma cacao*) en comunidades indígenas del el Trópico de Cochabamba

Tipnis (ha)	Yuqui-Yuracaré (ha)	Total de superficie (hectáreas)	%	Probabilidad
396.882,8	108.662,4	505.545,2	35.03	Alta
387.601,3	86.822,3	474.423,6	32.87	Ausencia
180.253,6	86.507,6	266.761,1	18.48	Baja
104.095,2	82.308,1	186.403,3	12.92	Media
7.703,6	2.289,5	9.993,0	0.69	Muy Alta

Conclusiones

- El modelo generado de presencia/ausencia de cacao es medianamente preciso, por lo que deben incluirse otros aspectos que no fueron tomados en cuenta en este estudio, por ejemplo el pH del suelo.
- Las variables climáticas: temperatura, precipitación, humedad relativa, para este estudio no son factores que determinan la presencia y/o ausencia de cacao, debido a que en el área de estudio, las condiciones climáticas están dentro los requerimientos óptimos del cultivo de cacao.
- Las variables geología y geomorfología presentan información que diferencia las áreas de presencia y/o ausencia, debido a que la formación geológica y geomorfológica, determina características en las que se encuentra cacao.
- A la variable vegetación se le asignó mayor peso en la generación del modelo, debido a que el cacao nativo en estado silvestre se encuentra en los bosques.
- El modelo predictivo generado tiene el inconveniente que solo permite identificar zonas con presencia y/o ausencia de cacao y no así la distribución, la riqueza y los ecotipos existentes en el área de estudio.
- El modelo desarrollado ha demostrado ser una herramienta de gran utilidad, ya que permitió realizar un gran número de operaciones, sobresaliendo las superposiciones de mapas, la representación gráfica de las condiciones ambientales del área de estudio y el mapa de presencia de cacao en las comunidades indígenas del Trópico de Cochabamba.

Referencias citadas

- Bazoberry Ch., Salazar C. 2008. El cacao en Bolivia una alternativa económica de base campesina indígena. CIPCA. La Paz, Bolivia.

Trabajo recibido el 14 de octubre de 2016 - Trabajo aceptado el 5 de noviembre de 2016

Evaluación de medios de cultivo y condiciones operacionales de fermentación para la producción masiva de *Bacillus subtilis* en cultivo sumergido

Ivia Montaña¹; Mayra Claros²; Noel Ortuño²

¹ Estudiante de Ingeniería Agroindustrial FCAyP-UMSS; ² Fundación PROINPA

E mail: n.ortuno@umss.edu.bo

Resumen. En el presente trabajo se evaluaron diferentes medios de cultivo líquidos en dos etapas y las condiciones operacionales de fermentación para la producción masiva de *Bacillus subtilis*. En la *etapa I*, la concentración de esporas viables (UFC/ml), fue mayor para el agua proveniente de la extracción del almidón de papa (AP). En la *etapa II*, al evaluar flujos volumétricos constantes de aire, se obtuvo mayor concentración de esporas viables con 1,5 y 1,0 vvm, $3,33 \cdot 10^8$ UFC/ml al sexto día y $2,04 \cdot 10^8$ UFC/ml al octavo día. Todas las velocidades de agitación presentaron un rendimiento significativamente menor comparado con el obtenido por 1,5 vvm, siendo la mejor 150 rpm con $2,54 \cdot 10^4$ UFC/ml al décimo día. Cuando se evaluó 1,0 vvm con las velocidades de agitación, de manera combinada, el mejor tratamiento fue 1,0 vvm - 200 rpm, con una concentración de esporas viables de $2,83 \cdot 10^8$ UFC/ml al octavo día.

Palabras clave: Biotecnología; Esporas; Bacterias; Bio inoculantes

Summary: Evaluation of growth media and operational ferment conditions for mass production of *Bacillus subtilis* in submerged crop. In the present work, different liquid growth media were evaluated in two stages as well as the operational ferment conditions for mass production of *Bacillus subtilis*. In stage I, the concentration of viable spores (CFU / mL) was higher for water obtained from potato starch extraction (AP). In stage II, when evaluating constant volumetric flows of air, a higher concentration of viable spores was obtained with 1,5 and 1,0 vvm, $3,33 \cdot 10^8$ CFU/ ml on the sixth day and $2,04 \cdot 10^8$ CFU/ ml on the eighth day. All stirring speeds showed a significantly lower performance compared to that obtained by 1,5 vvm, being 150 rpm the best one with $2,54 \cdot 10^4$ CFU/ ml on the tenth day. When 1,0 vvm was evaluated with stirring speeds, combined manner, the best treatment was 1,0 vvm - 200 rpm, with a viable spore concentration of $2,83 \cdot 10^8$ CFU / ml on the eighth day.

Keywords: Biotechnology; Spores; Bacteria; Bio inoculants

Introducción

En los últimos años, en la mayoría de los países latinoamericanos, se ha optado por el uso de insumos biológicos como una alternativa amigable al medio ambiente; de esta manera se ha seguido un protocolo desde el aislamiento de los microorganismos hasta la estandarización del pro-

ceso productivo a nivel de laboratorio y posteriormente su producción en masa.

En muchos de estos países la producción industrial de estos bioinoculantes está estandarizada y tecnificada en todos sus procesos involucrados. En Bolivia, solo algunas empresas ofrecen este tipo de productos; es así que Biotop SRL en

cooperación con la Fundación PROINPA, vienen produciendo una variedad de insumos biológicos en base a bacterias y/o hongos benéficos, y aunque se han evaluado diferentes medios de cultivo para producir estos microorganismos, se han enfrentado a una serie de problemas en la producción masiva, debido a diferentes restricciones por el volumen y condiciones de producción, relacionados esencialmente con la transferencia de oxígeno, ocasionando variaciones en la tasa de multiplicación de los mismos.

Brock y Madigan (1993), sostienen que en fermentaciones industriales aeróbicas, es indispensable una transferencia efectiva de oxígeno, y que si se reduce la aeración, aún durante un período corto, el cultivo puede experimentar una anaerobiosis parcial con serias consecuencias en términos del rendimiento del producto.

Bacillus subtilis es un microorganismo inocuo utilizado en la producción comercial, ya que posee una reconocida actividad antimicrobiana, lo cual ha permitido emplearlo como un agente de control biológico (Ojeda, 2007).

Cristiano *et al.* (s/f) mencionan que el uso de *B. subtilis* se basa preferentemente en su capacidad de formar esporas, ideales para la formulación de agentes de control biológico, de tal manera que puedan prolongar su viabilidad durante largos períodos de tiempo y actuar efectivamente luego de su aplicación en campo.

En este trabajo se evaluaron diferentes medios de cultivo y condiciones operacionales de fermentación en un sistema discontinuo, para la producción de *B. subtilis* en cultivo sumergido.

Materiales y métodos

La investigación se llevó a cabo en el *Laboratorio de Microbiología Agrícola* de la Fundación PROINPA, ubicada en la zona de “El Paso”, a 15 km al Noroeste de la ciudad de Cochabamba, dentro del valle central de la provincia de Quillacollo.

La zona reporta una temperatura media anual de 17.4°C, mínima de 1°C en el mes de junio y máxima de 27°C en el mes de octubre (Cáceres y Ortuño, 2009).

El trabajo se realizó en dos etapas, en la etapa I se evaluaron varios medios de cultivo y en la etapa II, diferentes condiciones operacionales de fermentación.

Se utilizó el diseño experimental de Bloques Completos al Azar con tres repeticiones. En ambas etapas se realizaron comparaciones de medias de rango múltiple a través de la prueba de Tukey ($P = 0.005$) y análisis de tendencias en los tratamientos cuantitativos. Cada unidad experimental estuvo constituida por un biorreactor.

En la etapa I, se evaluaron nueve medios de cultivo líquidos, distribuidos en tres ensayos.

En el primer ensayo se evaluó el agua proveniente del proceso de extracción del almidón de papa (AP), del jugo de alfalfa (Alfalfa), de la harina de soya (Soya) y del hervido de papa (Testigo).

En el segundo ensayo, se probó nuevamente AP, Alfalfa, además del agua resultante del almidón (Alm) y de la fibra de papa (Fibra).

Finalmente, se evaluaron las aguas provenientes del proceso de extracción del almidón de papa (AP) y del almidón de maíz (AM), los medios preparados en base a melaza-soya (MS) y melaza-leche de soya (MLS).

La etapa II, se dividió a su vez en dos fases, en la primera fase se evaluaron tres flujos volumétricos constantes de aire: 0.5, 1.0 y 1.5 vvm (volumen de aire por volumen de medio de cultivo por minuto) y cuatro velocidades de agitación: 100, 150, 200 y 250 rpm (revoluciones por minuto); además de un testigo negativo (sin aeración ni agitación); en la segunda fase se evaluó 1.0 vvm con cuatro velocidades de agitación: 100, 150, 200 y 250 rpm.

Los bio reactores de la etapa I tenían una configuración sencilla, constaban de un difusor y dos orificios, uno para la entrada del aire estéril y otro para la salida de los diferentes gases, formados como producto del metabolismo de la bacteria.

Los bio reactores de la primera fase de la etapa II, además de lo anterior, tenían flujómetros con el propósito de controlar de forma precisa los diferentes flujos volumétricos de aire. Cada uno de los bio reactores utilizados para evaluar las diferentes velocidades de agitación, tenía cuatro deflectores (accesorio en forma de aletas laterales internas del biodigestor), utilizados para generar mayor turbulencia y producir un mejor mezclador; un agitador provisto de un rodete tipo turbina Rushton y un motor paso a paso, cuya velocidad constante en el tiempo fue controlada por un micro controlador. Finalmente, los bio reactores de la segunda fase de esta etapa, eran una combinación de los dos prototipos utilizados en la primera fase.

Los medios de cultivo, después de ser preparados, fueron esterilizados en un autoclave a 1 atmósfera de presión durante 30 minutos a 121°C. Cuando se enfrió a temperatura ambiente, se inoculó con la cepa de *B. subtilis*, del cepario de la Fundación PROINPA.

Se dejó incubando durante 10-13 días, realizando muestreos periódicos para hacer seguimiento al crecimiento de la bacteria. Trascurrido este tiempo, los caldos fueron formulados con calcita (medio inerte), en relación 1:1.6 v/v (caldo bacteriano:calcita).

La concentración de células viables totales de *B. subtilis* se determinó de acuerdo a la técnica de recuento de bacterias en placa (Gautier y Julien, 2008), la cual consiste en realizar diluciones seriadas de cada una de las muestras y sembrar la dilución deseada sobre la superficie de una placa Petri, con medio Triptona Soya Agar (TSA), después de 24 horas de incubado a 37°C se procedió a contar el número de colonias y a partir de este dato se calculó el número de unidades formadoras de colonia (UFC), utilizando un factor de dilución que es el inverso de la dilución; debido a que se hizo una siembra por extensión, se introdujo un factor de dilución adicional de 10.

La concentración de esporas viables se determinó de la misma manera, con la única diferencia de que la dilución deseada de cada muestra se sometió a shock térmico, que consiste en someter la muestra a baño maría a una temperatura de 80°C durante 10 minutos, antes de sembrarla en placa (Espinosa de los Montes, 2005). El pH se midió con instrumentos específicos digitales de mesa.

Resultados y discusión

En el Cuadro 1 se detalla los valores medios de las variables concentración de células viables totales (UFC/ml), esporas viables en el producto formulado (UFC/g) de *Bacillus subtilis* y pH; para todos los medios de cultivo evaluados.

Como se observa, el medio AP (agua proveniente de la extracción del almidón de papa) fue el que presentó las mayores ($P = 0.05$) concentraciones de células viables totales, seguido de Alfalfa, en el primer ensayo; Fibra, en el segundo y AM (agua proveniente de la extracción del almidón de maíz) en el tercer ensayo.

La razón por la que estos resultados se presentan separándolos por ensayos, se debe a que las condiciones de manejo variaron entre los mismos.

En cuanto a la concentración de esporas viables de *B. subtilis*, en el producto formulado, se observa que AP tiene las mayores poblaciones en los dos últimos ensayos, solo en el primer ensayo destaca más Alfalfa, debido a que el día que se formuló (treceavo), el medio AP presentaba una concentración de células viables totales menor al de Alfalfa, puesto que su máxima concentración se registró al décimo día.

B. subtilis es un microorganismo del cual se conoce su habilidad para metabolizar una amplia variedad de azúcares (Hernández, 2003), produce enzimas hidrolíticas extracelulares que descomponen polisacáridos, ácidos nucleicos y lípidos, permitiendo que el organismo utilice estos como fuentes de carbono y donadores de electrones (Cuervo, 2010).

Cuadro 1. Concentración de células viables totales, pH y concentración de esporas viables de *Bacillus subtilis*, para diferentes medios de cultivo ($\alpha = 0.01$)

Nro. de ensayo	Medios de cultivo	Concentración de células viables totales de <i>Bacillus subtilis</i> (UFC/ml)	pH	Concentración de esporas viables de <i>Bacillus subtilis</i> (UFC/g)
Primero	AP	5.79 * 10 ⁷ a	7.0 a	3.0 * 10 ⁷ b
	Alfalfa	2.26 * 10 ⁷ b	6.5 b	4.6 * 10 ⁷ a
	Soya	1.90 * 10 ⁷ c	6.6 b	2.7 * 10 ⁷ c
	Testigo	1.02 * 10 ³ d	6.3 b	3.0 * 10 ⁷ d
Segundo	Alfalfa	8.7 * 10 ⁶ c	6.3 b	1.9 * 10 ⁷ c
	Alm	3.2 * 10 ⁴ d	6.6 b	7.1 * 10 ⁴ d
	Fibra	3.2 * 10 ⁷ b	6.5 b	2.7 * 10 ⁷ b
	AP	6.3 * 10 ⁷ a	7.2 a	1.2 * 10 ⁸ a
Tercero	AM	1.8 * 10 ⁸ b	7.2 a	5.2 * 10 ⁷ b
	AP	2.2 * 10 ⁸ a	7.6 a	9.7 * 10 ⁷ a
	MS	1.0 * 10 ⁸ c	6.5 b	4.9 * 10 ⁷ c
	MLS	9.6 * 10 ⁷ d	5.8 c	2.8 * 10 ⁷ d

Valores seguidos por la misma letra (en cada columna y para cada uno de los tres ensayos), no difieren significativamente según la prueba de rango múltiple de Tukey ($P = 0.005$)

Se sabe que las características que un determinado microorganismo adopte durante su crecimiento, depende en gran medida del lugar de aislamiento. Al respecto, Prescott *et al.* (2004), sostienen que el conocimiento del hábitat normal de un microorganismo es a menudo útil para elegir un medio de cultivo apropiado, porque sus necesidades de nutrientes, reflejan su ambiente natural.

El pH del medio de cultivo AP, fue igual o mayor a 7 en todos los ensayos, siendo el mayor registrado de todos los medios de cultivo, solo AM es estadísticamente igual a este. Si se relaciona estos resultados con las concentraciones de células viables totales y esporas viables, se verá que los medios de cultivo que presentan los valores más altos de pH, tienen las mejores concentraciones. Al respecto, Calvo y Zuñiga (2010) indican que el género *Bacillus* está muy asociado a pH neutros; sin embargo ha sido reportado por varios autores, la capacidad del género *Bacillus* de adaptación a pH bajo, pero mostrando diferentes tasas de crecimiento.

En base a la elaboración de curvas de formación de esporas, para las tres condiciones operacionales de fermentación previstas en el trabajo, además de la variación del pH en el tiempo, se evidencia que con 1.5 vvm, se presentó la mayor concentración de esporas viables ($3,33 \cdot 10^8$ UFC/ml) al sexto día; seguido de 1,0 vvm, registrándose concentraciones muy similares entre el octavo y décimo día, $2,04 \cdot 10^8$ y $2 \cdot 10^8$ UFC/ml, respectivamente.

Para 0.5 vvm, la concentración de esporas viables incrementó lentamente, alcanzando $1,02 \cdot 10^7$ UFC/ml al décimo día. El tratamiento Testigo (sin aeración) mantuvo concentraciones del orden de

10^2 entre el segundo y octavo día, y al décimo día presentó una concentración de $2,26 \cdot 10^3$ UFC/ml.

Las poblaciones, al segundo día, fueron del orden de 10^2 para todas las velocidades de agitación. Para el Testigo (sin agitación), la concentración de esporas viables descendió hasta el sexto día, empezando a subir lentamente hasta el octavo día y al último día de cultivo, la concentración fue del orden 10^3 .

Para las velocidades 100, 150 y 200 rpm, la población de esporas viables descendió al cuarto día y después incrementó hasta el décimo día, obteniéndose concentraciones de $3,88 \cdot 10^3$, $2,5 \cdot 10^4$ y $8,59 \cdot 10^3$ UFC/ml, respectivamente.

La población de esporas con 250 rpm, se incrementó durante todo el ciclo de cultivo, pero manteniendo concentraciones del orden de 10^2 , de manera que al décimo día presentó una concentración de $8,98 \cdot 10^2$ UFC/ml. Se obtuvo concentraciones del orden de 10^8 al cuarto día, para 1,0-200 y 1,0-250 vvm-rpm; al sexto para 1,0-100 y 1,0-150 vvm-rpm. Sin embargo, la máxima concentración se obtiene al octavo día con 1,0 vvm-200 rpm ($2,83 \cdot 10^8$ UFC/ml).

Observando la variación del pH, para las diferentes condiciones de estudio, se evidencia que la alimentación de aire, es decir el oxígeno, tiene efecto directo sobre el pH, ya que para flujos volumétricos de aire de 1,0 y 1,5 vvm; y la combinación de 1,0 vvm con todas las velocidades de agitación, este incrementa en el tiempo, encontrándose al último día de cultivo en aproximadamente 9, mientras que para 0.5 vvm y todas las velocidades de agitación, el pH disminuye, hasta un determinado día, a partir del cual tiende a subir.

Finalmente, para el tratamiento Testigo, el pH disminuye gradualmente hasta el último día de cultivo. Evidentemente bajo limitación de oxígeno, la bacteria se ve obligada a seguir otras rutas metabólicas, que al parecer no son favorables para su crecimiento y esporulación, sino para la formación de ácidos orgánicos, lo cual pudo haber causado el descenso del pH, bajo estas condiciones.

Al respecto, Espinosa de los Monteros (2005), menciona que al parecer la fermentación láctica es el último recurso que tiene *B. subtilis* para reciclar el poder reductor ($\text{NADH}+\text{H}^+$) generado en la glucólisis al metabolizar la glucosa.

En este sentido, la disminución en la velocidad de crecimiento (y la biomasa generada), se puede atribuir a que en esta vía no se genera tanta energía en comparación, por ejemplo, con el ATP generado al catabolizar el piruvato a acetato, así mismo se sugiere que la limitación energética no es capaz de sustentar la producción de β -galactosidasa y formación de esporas durante la fase estacionaria.

La transcripción de las enzimas del ciclo de Krebs se induce durante la esporulación y son requeridas ya que permiten obtener la energía necesaria y los intermediarios esenciales para la esporulación. Sin embargo, hay que tomar en cuenta que el ciclo de Krebs generador de coenzimas reducidas, es regulado por la disponibilidad de oxígeno (Espinosa de los Monteros, 2005). El mismo autor añade, que mediante un estudio de micro arreglos, recientemente se ha determinado que varios cientos de genes son inducidos o reprimidos a diferentes niveles de expresión en *B. subtilis*, con el cambio gradual hacia condiciones menores en oxígeno.

Por su parte, Hernández (2003), sostiene que la razón por la que se forma poca biomasa en condiciones fermentativas, es que la mayor parte de los azúcares se canalizan a la formación de L-lactato, con rendimientos mayores al 80% del teórico.

Por todo lo expuesto anteriormente y considerando que Gonzáles (2008) indica que la esporulación es un proceso muy complejo que requiere un elevado consumo energético y necesita varias horas para completarse, es posible suponer que la baja concentración de esporas viables que se obtuvo con las diferentes velocidades de agitación y Testigo, se debió a la falta de energía y/o los intermediarios esenciales para la formación de las mismas. Además cabe recalcar que este comportamiento se observó con mayor claridad en los bio reactores que carecían de aeración.

Los mejores rendimientos no se lograron con las mayores velocidades de agitación. Trujillo y Valdez (2006), mencionan que el estrés hidrodinámico afecta en forma negativa a la esporulación de *B. subtilis*.

Si bien estos autores no mencionan el límite de la velocidad de agitación sobre el cual se observa este comportamiento, y aunque lo hicieran, no necesariamente tendría que replicarse en este trabajo, puesto que el comportamiento de un cultivo bacteriano depende de muchos factores intrínsecos de la cepa involucrada y extrínsecos o relacionados al medio ambiente de la misma; es posible que la disminución de la concentración de esporas viables para las velocidades de agitación mayores al óptimo registrado en el presente trabajo, se deba a lo indicado por estos autores.

Finalmente, muchos autores mencionan que además de la aeración, la agitación es muy ventajosa en el bioprocesado, puesto que permite que todos los nutrientes, incluidos el oxígeno, estén más disponibles para el aprovechamiento por parte de la célula; además, el rodete rompe las burbujas de aire generadas en el difusor, formando burbujas más pequeñas y distribuyéndolas por todo el líquido, mejorando de esta manera el área interfacial de transferencia de oxígeno.

Al respecto, Espinosa de los Monteros (2005), sostiene que la cantidad de protones translocados a través de la membrana y por lo tanto la eficiencia en la generación de ATP está regulada por la transferencia de oxígeno y no por la concentración de éste.

Por su parte, Guevara (2004), menciona que en los reactores agitados mecánicamente se busca aumentar la transferencia de oxígeno con la agitación mecánica.

Conclusiones

- La concentración de células viables totales y de esporas viables de *B. subtilis*, es diferente para los medios de cultivo evaluados en los tres ensayos, y a pesar de que las condiciones de cultivo fueron diferentes entre ensayos, el agua proveniente de la extracción del almidón de papa (AP) fue el que presentó mejores resultados en todos los ensayos.
- Los flujos volumétricos de aire con los cuales se obtuvieron las mejores concentraciones de esporas viables fueron: 1,5 y 1,0 vvm, con $3,33 \cdot 10^8$ UFC/ml al sexto día y $2,04 \cdot 10^8$ UFC/ml al octavo día. Todas las velocidades de agitación presentaron una

baja concentración de esporas viables, siendo la mejor 150 rpm con $2.54 \cdot 10^4$ UFC/ml al décimo día.

- En cuanto al sistema combinado aeración-agitación, el mejor en rendimiento fue 1,0 vvm - 200 rpm, presentando concentraciones del orden de 10^8 en esporas viables a partir del cuarto día, y registrando su máxima producción de esporas al octavo día, con $2.83 \cdot 10^8$ UFC/ml.
- Se observó diferente comportamiento del pH para los medios de cultivo evaluados; así para el medio AP, el pH cuando hubo buena alimentación de aire al sistema, se incrementó en el tiempo, describiendo un comportamiento variable al disminuir la concentración de este.

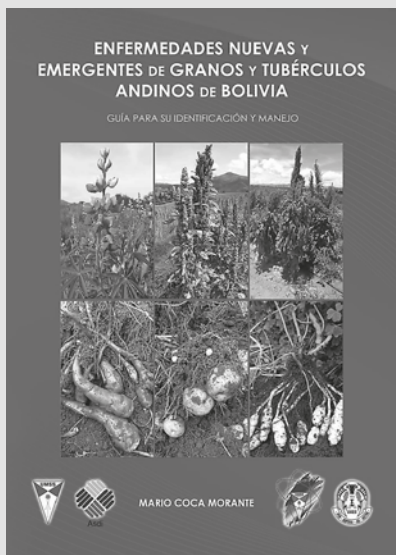
Referencias citadas

- Brock T.; Madigan M. 1993. Microbiología. Sexta edición. México.
- Cáceres M.; Ortuño N. 2009. Estudio comparativo y efecto de diferentes cepas de micorrizas (MA) nativas sobre las plantas de lechuga (*Lactuca sativa*), haba (*Vicia faba*) y cebada (*Hordeum vulgare*).
- Calvo P.; Zúñiga D. 2010. Caracterización fisiológica de cepas de *Bacillus* spp. aisladas de la rizósfera de papa (*Solanum tuberosum*). Universidad Nacional Agraria La Molina. Ecología Aplicada 9(1). Lima, Perú. 36 p.
- Cristiano S.; Serrano L.; Galindo E. s/f. Crecimiento vegetativo y esporulación de *Bacillus subtilis* 83 en medio mineral en cultivos sumergidos en lote y lote alimentado. Universidad Nacional Autónoma de México. XIV Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería. Morelos, México.

- Cuervo J. 2010. Aislamiento y caracterización de *Bacillus* spp. como fijadores biológicos de nitrógeno y solubilizadores de fosfatos en dos muestras de biofertilizantes comerciales. 8 p.
- Espinosa de los Monteros J. 2005. Caracterización del proceso de crecimiento de *Bacillus subtilis* bajo condiciones anaerobias. Tesis de doctorado en Biotecnología. Universidad Nacional Autónoma de México. Morelos, México. pp. 13-48.
- Gautier C.; Julien M. 2008, Protocoles du laboratorio de Microbiologie générale, Université Laval.
- González J. 2008. Canibalismo en poblaciones de *Bacillus subtilis*. Centro de Astrobiología (CSIC-INTA). Madrid, España. 22 p.
- Guevara E. 2004. Diseño, construcción y caracterización hidrodinámica de un biorreactor multifuncional. Tesis de Licenciatura en Ingeniería de Alimentos. Universidad Tecnológica de La Mixteca. Oaxaca, México. pp. 16.
- Hernández C. 2003. Crecimiento y formación de productos en cultivos aeróbicos y anaeróbicos de *Bacillus subtilis* con glucosa, xilosa y celobiosa. Tesis de Licenciatura en Ingeniería Bioquímica. Instituto Tecnológico de Zacatepec. Morelos, México. pp. 6-51.
- Ojeda C. 2007. Formulación de un biocontrolador de *Erwinia caratovora* en polvo, a partir de una cepa de *Bacillus subtilis* utilizando secado spray. Tesis de Licenciatura en Ciencia de los Alimentos. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. pp. 19.
- Prescott L.; Harley J.; Klein D. 2004. Microbiología. Quinta Edición. Ed. McGraw-Hill - Interamericana. 110 p.
- Trujillo M.; Valdez N. 2006. El estrés hidrodinámico: Muerte y daño celular en cultivos agitados. Revista Latinoamericana de Microbiología. 48(3-4): 273.

Trabajo recibido el 10 de junio de 2016 - Trabajo aceptado el 20 de agosto de 2016

PUBLICACIÓN DESTACADA:



Autor: Mario Coca Morante (Docente FCAyP-UMSS). Libro publicado en noviembre de 2015, con apoyo del Programa Horizontal ASDI-DICYT-UMSS.

Libro donde se describe, en forma clara y didáctica, las principales enfermedades, su manejo y control integrado, de especies relevantes de la zona andina: *Quinoa, Millmi, Tarhui, Papa, Papalisa, Oca e Isaño*, alimentos que son producto de años de trabajo denodado del agricultor andino (fitomejorador), quien generó dentro de cada especie, una gama de variedades adaptadas a diferentes sitios, suelos, clima, vegetación y necesidades propias del habitante de esta vasta, importante y productiva región de nuestro país.

Mayor información: m.cocamorante@umss.edu.bo

Metodología para la selección de catadores de café

Wilson Yapu¹; Félix Chambi²

¹ Responsable de Estadística Torneo Nacional
Taza de Calidad Café Presidencial Evo Morales Ayma 2016

² Coordinador del Torneo Nacional Taza de Calidad
Café Presidencial Evo Morales Ayma 2016

E mail: secont_5@hotmail.com

Resumen. El presente trabajo tiene como objetivo describir una metodología para selección de jueces o catadores de café. Se plantea esta metodología, a partir de su utilización en el *II Torneo Nacional Taza de Calidad Café Presidencial Evo Morales Ayma 2016*. La metodología planteó tres pruebas: dos discriminativas (*Triangulación* y *Ordenamiento*), y una descriptiva cualitativa cuantitativa, correspondiente a tres sesiones de catación repetidas para cuatro muestras de café. Los resultados a partir de 22 participantes, reflejaron 10 catadores recomendables a un nivel de confianza del 95% para *Triangulación* y *Ordenamiento*. La prueba de mayor dificultad para los catadores fue la *Triangulación* y la de menor dificultad fue el *Ordenamiento*. La prueba descriptiva cualitativa cuantitativa, permitió profundizar las características de los catadores en términos de repetibilidad, poder de discriminación y consistencia, para las características de limpieza, dulzura, acidez, cuerpo, sabor, resabio, balance y resumen del café; la prueba descriptiva ofreció información contundente y completa, la prueba permitió recomendar 15 catadores, quedando al margen 7 de ellos. En los resultados sobresalieron especialmente dos catadores: SJN-130 y SJN-132, quienes validan los resultados con su trayectoria y años de experiencia.

Palabras clave: Características organolépticas; Juzgamiento; Calidad

Summary. Methodology for the selection of coffee tasters. The present work aims to describe a methodology for the selection of judges or coffee tasters. This methodology is proposed, based on its use in the *II National Tournament Quality Rate Presidential Coffee "Evo Morales Ayma 2016"*. The methodology proposed three tests: two discriminative (*Triangulation* and *Organization*), and a quantitative qualitative descriptive, corresponding to three tasting sessions repeated for four samples of coffee. The results from 22 participants, reflected 10 recommended tasters to a level of 95% confidence for *Triangulation* and *Organization*. The test of greater difficulty for the tasters was the *Triangulation* and the one of smaller difficulty was the *Organization*. The quantitative qualitative descriptive test allowed to deepen the characteristics of the tasters in terms of repeatability, discriminating power and consistency, for the characteristics of cleanliness, sweetness, acidity, body, flavor, aftertaste, balance and summary of the coffee; the descriptive test offered conclusive and complete information, the test allowed to recommend 15 tasters, leaving aside 7 of them. The results were especially notable for two tasters: SJN-130 and SJN-132, who validated the results with their trajectory and years of experience.

Keywords: Organoleptic characteristics; Judgment; Quality

Introducción

El café boliviano tiene una alta importancia ya que de la actividad cafetalera dependen en forma directa alrededor de 23.000 familias y genera cerca de 87.500 empleos temporales en época de cosecha. Por otra parte, el valor bruto de producción alcanza los 16 millones de dólares y un valor de las exportaciones de 11 millones de dólares (VCDI, 2005).

De acuerdo a Barrientos (2011), dentro de las condiciones de la demanda, se destaca el hecho de que el principal destino de la producción de café es la exportación, principalmente como *Café Orgánico*, *Solidario* y *Tradicional*, donde el crecimiento de las exportaciones bolivianas está dirigido hacia nichos de mercado como el *Café Solidario* y *Café Especial de Altura*, situación que permite generar mayores fuentes de sostenibilidad, en la medida que se reduce la exposición al riesgo del café tradicional, regido a los precios internacionales de café sin diferenciación.

En el mercado mundial del café, el factor primordial que determina la decisión del cliente al momento de la compra, es la calidad del grano. La calidad se determina por el conjunto de características físicas y organolépticas que motivan a un comprador a pagar un precio diferenciado por el producto, lo que representa un mejor ingreso y mayor rentabilidad para el agricultor (Marín, 2013).

La evaluación de la calidad del café se hace mediante la *prueba de taza*, en la que tradicionalmente son evaluadas de 3 a 10 tazas de café de una misma muestra, preparada de la misma manera. Unos paneles de evaluadores entrenados son responsables de la prueba y en cada se-

sión pueden ser evaluadas más de 200 tazas por día. Estos catadores desarrollan una capacidad única para reconocer los defectos y la calidad en las bebidas de café, debido a la experiencia adquirida durante varios años (Rendón citado por Gutiérrez y Barrera, 2015).

En este sentido la presente tiene el objetivo de describir la metodología empleada para selección de jueces o catadores nacionales para el Torneo nacional Taza de Calidad Café Presidencial Evo Morales Ayma 2016.

Materiales y métodos

La metodología se aplicó en la selección de catadores para conformar un panel de jueces nacionales, a partir de un trabajo en la Cancillería del Estado Plurinacional de Bolivia durante tres días, en los que los catadores rindieron dos pruebas discriminativas y una descriptiva cualitativa cuantitativa.

Todas las etapas fueron supervisadas por las autoridades del *Consejo Nacional de Café Boliviano* (CONCAFE), bajo estricto cumplimiento a estándares y normas de catación, manejo y preparación de muestras, velando que la única fuente de variación sea el catador. El catador fue habilitado previa documentación que certificó su asociación a control de calidad de café.

La convocatoria valoró cada prueba de siguiente modo: *Triangulación*: 15%, *Ordenamiento*: 15% y *Descriptiva Cualitativa Cuantitativa*: 70%.

Introducción previa o calibración

Esta etapa cumplió con el objetivo de ofrecer información precisa y equitativa a

los catadores, respecto a las pruebas, además de desarrollar una sesión de catación descriptiva cualitativa y cuantitativa, a efectos de calibración en la escala de evaluación.

Pruebas planteadas

Las pruebas discriminativas seleccionadas fueron:

Prueba de Triangulación: Es una prueba de distribución binomial, que consiste en presentar al catador tres tazas codificadas de muestras de café, dos repetidas y una diferente, el catador debe identificar la muestra diferente en seis repeticiones aleatorias. La evaluación mide aciertos y desaciertos en términos de confianza, considera catadores **altamente confiables** al 99% si alcanza seis aciertos de seis pruebas, **confiables** al 95% si logra cinco aciertos de seis pruebas y catadores que **requieren entrenamiento**.

Prueba de Ordenamiento: Requiere de muestras patrones o cafés con calidad conocida en escala de:

Muy bueno	1
Bueno	2
Regular	3
Malo	4
Muy malo	5

Estas muestras son presentadas en cinco tazas codificadas con números aleatorios y presentadas al catador para que ordenen los códigos en forma descendente, la evaluación se realiza mediante el Coeficiente de Determinación; los catadores que obtienen valores mayores a 77,09% son considerados catadores confiables al 95%.

Prueba Descriptiva Cualitativa Cuantitativa: Esta prueba corresponde a tres

sesiones de catación, donde se evalúan cuatro muestras, para determinar la consistencia en términos de escala de evaluación y medir las diferencias entre catadores. También se puede utilizar muestras de café patrones o de calidad conocida. El modelo estadístico empleado para efectuar el análisis de varianza (ANVA) fue conducido bajo un diseño de naturaliza mixta, donde se consideró factor fijo a las muestras y como aleatorio a los factores catador y sesión.

Resultados y discusión

Pruebas discriminativas

Los resultados de la prueba de *Triangulación* (Cuadro 1), permiten declarar a un nivel de significancia del 1% (99% de confianza) que los catadores

SJN-125

SJN-131

son altamente recomendable, en tanto que los catadores:

SJN-113, SJN-130, SJN-132, SJN-111, SJN-119, SJN-114, SJN-116 y SJN-124

son aptos a un nivel de significancia del 5% (95% de confianza), identificándose en total diez catadores que aprobaron la prueba de *Triangulación*.

En concordancia con los resultados, se considera a la *Prueba de Triangulación* como bastante efectiva y recomendable para determinar una diferencia sensorial entre dos productos y evaluar jueces (Morten *et al.*, 2007).

Considerando que existen dos variaciones posibles a la hora de llevar a cabo

una prueba triangular, la llamada elección forzada, que obliga al catador a elegir una muestra como diferente, pese a que no detecte ninguna diferencia y la otra, llamada elección libre, permite decidir que no hay diferencias entre las muestras (Sancho *et al.*, 1999).

La dificultad de la prueba triangular reside en el hecho de que el catador debe recordar las características sensoriales de dos productos, antes de evaluar un tercero, y entonces tomar la decisión (Stone y Sidel, 2004).

Los resultados de la *Prueba de Triangulación*, reflejan también que doce catadores no fueron capaces de superar la prueba, en distinto grado, desde cuatro aciertos a cero, los mismos requieren entrenamiento y seguimiento en términos de número de pruebas y aciertos, para tal efecto se han desarrollado tablas para relacionar la proporción de respuestas correctas con diversas pruebas de discriminación (Ennis, 1993; Ennis y Mullen, 1986; Ennis *et al.*, 1998; Frijters, 1982; Rousseau y Ennis, 2001).

Cuadro 1. Resultados obtenidos para la *Prueba de Triangulación*

Catador	Aciertos	Desaciertos	Acuerdo mínimo esperado	Observaciones
SJN 125	6	0	5	Recomendable
SJN 131	6	0	5	Recomendable
SJN 113	5	1	5	Apto
SJN 130	5	1	5	Apto
SJN 132	5	1	5	Apto
SJN 111	5	1	5	Apto
SJN 119	5	1	5	Apto
SJN 114	5	1	5	Apto
SJN 116	5	1	5	Apto
SJN 124	5	1	5	Apto
SJN 129	4	2	5	No apto
SJN 115	4	2	5	No apto
SJN 117	3	3	5	No apto
SJN 118	2	4	5	No apto
SJN 120	2	4	5	No apto
SJN 123	2	4	5	No apto
SJN 128	2	4	5	No apto
SJN 121	1	5	5	No apto
SJN 126	1	5	5	No apto
SJN 127	1	5	5	No apto
SJN 112	0	6	5	No apto
SJN 122	0	6	5	No apto

Los resultados de la *Prueba de Ordenamiento* (Cuadro 2) planteada a un nivel de significancia del 5% (valor t Student) muestra que los catadores: SJN-130, SJN-111, SJN-112, SJN-113, SJN-115, SJN-116, SJN-117, SJN-127, SJN-131 y SJN-132, son capaces de discriminar cafés categorizados como muy bueno, bueno, regular, malo y muy malo, de acuerdo al valor del Coeficiente de Determinación (R^2) obtenido para cada catador, a partir de un análisis de Correlación Lineal de Spearman por tratarse de datos categorizados.

Una apreciación general a los resultados de la prueba, desde el punto de vista del R^2 , como información entregada por los catadores, indica que 15 catadores son altamente determinantes a tiempo de distinguir las categorías de cafés presentes en la prueba, y sólo 7 catadores se consideraron no determinantes; esto revela la experiencia de los catadores a pesar de que la estrategia cognitiva para cada diseño de prueba es diferente, por tanto su eficacia para encontrar diferencias y ordenación varía, aún cuando la diferencia real entre dos muestras sea constante (O'Mahony y Rousseau, 2002).

Cuadro 2. Resultados obtenidos para la *Prueba de Ordenamiento*

Catador	r	T Student (5%)	R^2	R^2 esperado mínimo
SJN 130	1	0,88	100	77,09
SJN 111	0,9	0,88	81	77,09
SJN 112	0,9	0,88	81	77,09
SJN 113	0,9	0,88	81	77,09
SJN 115	0,9	0,88	81	77,09
SJN 116	0,9	0,88	81	77,09
SJN 117	0,9	0,88	81	77,09
SJN 127	0,9	0,88	81	77,09
SJN 131	0,9	0,88	81	77,09
SJN 132	0,9	0,88	81	77,09
SJN 119	0,8	0,88	64	77,09
SJN 120	0,8	0,88	64	77,09
SJN 121	0,8	0,88	64	77,09
SJN 122	0,8	0,88	64	77,09
SJN 124	0,8	0,88	64	77,09
SJN 125	0,7	0,88	49	77,09
SJN 129	0,7	0,88	49	77,09
SJN 123	0,6	0,88	36	77,09
SJN 118	0,5	0,88	25	77,09
SJN 114	0,3	0,88	9	77,09
SJN 126	0,3	0,88	9	77,09
SJN 128	0,3	0,88	9	77,09

Prueba Descriptiva Cualitativa Cuantitativa

El ANVA (Cuadro 3), a partir de un modelo mixto que considera como factor fijo las muestras de café (Muestra) y factores aleatorios a Catador y Sesión, refleja que el panel en conjunto detectó diferencias altamente significativas ($p < 0,0001$) para variables organolépticas del café (Descriptor) de las muestras de café (Muestra); esto implica consistencia y un buen desempeño en la discriminación del panel, dado que evidentemente las muestras seleccionadas, correspondían a cuatro cafés de diferente procedencia.

Respecto a los catadores, no se detectó diferencias significativas para las variables organolépticas del café, este aspecto es deseable cuando se evalúa un panel de jueces y todas las sesiones de catación, que implica el empleo de escalas de evaluación similares sin que existan desfases de significancia estadística.

La significancia estadística en algunas variables organolépticas, para la interacción Muestra*Catador, está asociada a falta de consenso por parte de los catado-

res al valorar a diferentes muestras, este aspecto no es deseable en un panel de jueces, sin embargo, a efectos de discriminación de jueces es una herramienta práctica.

Para reflejar el poder de discriminación del catador, de variables organolépticas evaluadas, se recurre a valores de probabilidad del ANVA de catador para cada variable descriptiva, en consecuencia, se considera a un catador discriminador para una determinada variable, si acaso obtiene un valor de probabilidad significativa al 1% y 5%.

Los mejores catadores, en orden de importancia, de acuerdo a su nivel de discriminación de variables organolépticas, fueron los siguientes:

SJN-132	SJN-20
SJN-130	SJN-125
SJN-119	SJN-127
SJN-116	

Cuadro 3. Análisis de varianza para variables organolépticas del café (descriptor)

Descriptor	Muestra		Catador		Muestra * Catador	
	CM	p	CM	p	CM	p
Dulzura	10,38	<0,0001	0,43	0,91	0,78	0,00
Acidez	13,13	0,00	0,53	0,28	0,65	0,24
Cuerpo	11,27	0,00	0,27	0,95	0,56	0,08
Sabor	13,76	<0,0001	0,52	0,80	0,80	0,00
Resabio	11,74	<0,0001	0,61	0,80	0,77	<0,0001
Balance	8,57	<0,0001	0,66	0,76	0,76	<0,0001
Resumen del café	9,78	<0,0001	0,79	0,45	0,82	0,00

El ANVA, empleando un modelo mixto, permite evaluar el rendimiento de los catadores (Cuadro 4), en términos de poder de discriminación sobre las ocho variables valoradas por los catadores por cada muestra, repetibilidad e interacción que no debería existir entre muestras de café y catador (consistencia), por consiguiente es posible entregar un ranking donde el valor ideal total para un catador es 24 (en este caso):

Resalta la capacidad de los siguientes catadores experimentados

SJN-130

SJN-132

que validan los resultados, la regla de decisión para selección de catadores es que deben obtener un mínimo del 70% en el valor total, equivalente a 16,8 (en este caso).

Cuadro 4. Rendimiento de los jueces basado en el modelo ANVA

Catador	Discriminación	Repetibilidad	Sin interacción	Total
SJN 130	8	8	8	24
SJN 132	8	8	7	23
SJN 120	7	7	8	22
SJN 116	6	8	7	21
SJN 119	8	8	5	21
SJN 111	5	8	7	20
SJN 114	4	8	8	20
SJN 112	3	8	8	19
SJN 125	4	8	7	19
SJN 128	3	8	8	19
SJN 113	2	8	8	18
SJN 115	1	8	8	17
SJN 123	2	8	7	17
SJN 127	5	6	6	17
SJN 129	1	8	8	17
SJN 117	0	8	8	16
SJN 118	0	8	8	16
SJN 121	1	8	7	16
SJN 122	0	8	8	16
SJN 131	0	8	8	16
SJN 124	0	7	7	14
SJN 126	0	8	0	8

El valor ideal para el total es 24

La caracterización o clasificación de catadores es un aspecto vital en la selección de jueces, para ello se puede recurrir a pruebas de análisis multivariado como el análisis de conglomerados. Los resultados permiten caracterizar perfiles de catadores, con lo cual también se detecta niveles de similitud entre catadores.

La Figura 1 refleja la conformación de cuatro grupos con características propias; el catador SJN-126 conformó un grupo muy distante a otros grupos y no pudo aprobar ninguna de las pruebas anteriores, por tanto no se puede considerar apto bajo ningún concepto.

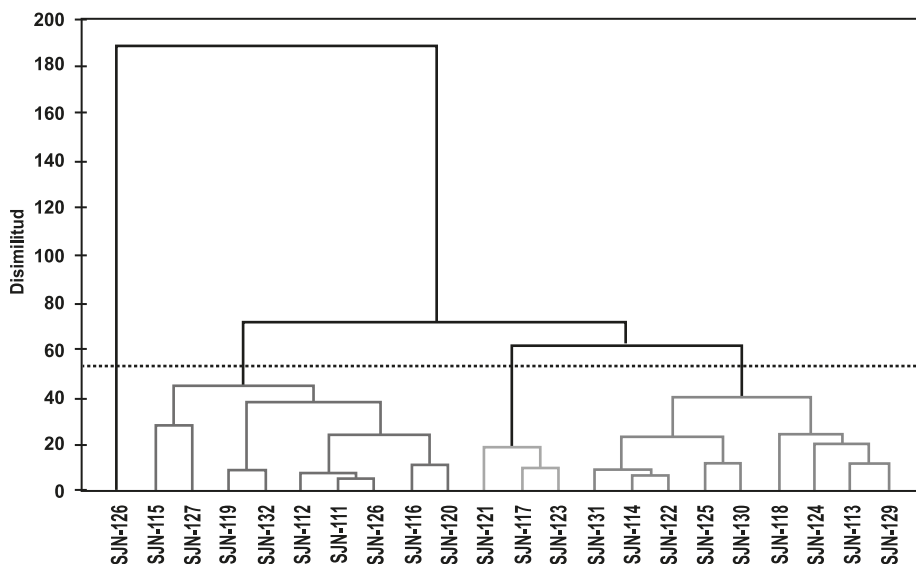


Figura 1. Análisis de Clasificación Clúster

Conclusiones

- Los métodos empleados para la selección de jueces o catadores nacionales de café, fueron efectivos en detectar las diferencias entre catadores, además en determinar las fortalezas y debilidades del catador en la evaluación sensorial de las características de dulzura, acidez, cuerpo, limpieza, resabio, sabor, balance y resumen.
- La metodología permitió identificar claramente que se cuenta con un mínimo de diez catadores, con características de alta repetibilidad, poder de discriminación y consistentes en la evaluación de muestras de café.
- De las pruebas de discriminación, la prueba de mayor dificultad para los catadores fue la de *Triangulación* y la de menor dificultad la prueba de *Ordenamiento*. La prueba más completa para valorar a un catador, fue la prueba *Descriptiva* de tres sesiones, con cuatro muestras repetidas en las sesiones.

Referencias citadas

Barrientos R. 2011. Diagnóstico de la situación cafetalera del municipio de Caranavi. Vice Ministerio de Coca y Desarrollo Integral - PAPS. La Paz, Bolivia.

- Ennis D. 1993. The power of sensory discrimination methods. *Journal of Sensory Studies* 8: 353–370.
- Ennis D.; Mullen K. 1986. A multivariate model for discrimination methods. *Journal of Mathematical Psychology* 30: 206 – 219.
- Ennis J.; Ennis D.; Yip D.; O'Mahony M. 1998. Thurstonian models for variants of the method of tetrads. *British Journal of Mathematical and Statistical Psychology* 51: 205 – 215.
- Frijters J. 1982. Expanded tables for conversion of a proportion of correct responses (P_c) to the measure of sensory difference (d_0) for the triangular method and the 3-alternative forced choice procedure. *Journal of Food Science* 47: 139–143.
- Gutiérrez N.; Barrera O. 2015. Selección y entrenamiento de un panel en análisis sensorial de café *Coffea arabica*. *L. Rev. Cienc. Agr.* 32 (2): 77-87.
- Marín. 2013. Control de calidad del café. Manual técnico del Proyecto Fondo empleo. Programa Selva Central – Desco. Lima, Perú.
- Morten C.; Gail Vance C.; Thomas B. 2007. *Sensory Evaluation Techniques*, Fourth Edition. Taylor & Francis.
- O'Mahony M.; Rousseau B. 2002. Discrimination testing: a few ideas, old and new. *Food Quality and Preference* 14: 157-164.
- Rousseau B.; Ennis D. 2001. A Thurstonian model for the dual-pair (4IAX) discrimination method. *Perception and Psychophysics* 63: 1083 - 1090.
- Stone H.; Sidel L. 2004. *Sensory Evaluation Practices*. Elsevier Inc. J.
- Sancho E.; de Castro J. 1999. Introducción al análisis sensorial de los alimentos. Ediciones de la Universitat de Barcelona. Barcelona, España.
- VCDI (Vice Ministerio de Coca y Desarrollo Integral). 2005. Estudio de identificación, mapeo y análisis competitivo del café en zonas de intervención del desarrollo alternativo. IMG Consulting. 161 p.

Trabajo recibido el 5 de octubre de 2016 - Trabajo aceptado el 28 de noviembre de 2016

Ensilaje de totora en el lago Titicaca, para su conservación, en la cuenca lechera de Cachilaya, en Batallas (La Paz)¹

Franz Gutiérrez²; Ruddy Meneses²; Franz Terrazas³;
Milton Pinto³; Juana Flores³

¹ Extracto del *Informe Final de Consultoría* del CIF a PROINPA;

² Técnicos del Centro de Investigación en Forrajes "La Violeta",
Universidad Mayor de San Simón; ³ Técnicos de la Fundación PROINPA - Cochabamba

E mail: fragutfer@yahoo.com

Resumen. De mayo a agosto de 2014, en la localidad de Cachilaya (La Paz), se trabajó en la conservación de forraje de totora que crece a las orillas del Lago Titicaca en la localidad mencionada. Se prepararon dos silos tipo trinchera en fosas de más de 4 m³. Se utilizó una picadora estacionaria de forraje. El trabajo se realizó con productores lecheros de la zona, quienes utilizan a la totora como fuente básica de alimentación para su ganado bovino. Al cabo de 102 días, se procedió a la apertura de los silos, evidenciando un correcto y adecuado proceso de conservación como ensilaje. A un primer momento de ofrecido el ensilaje al ganado, éste no fue consumido por el ganado, sin embargo, horas más tarde y en los días siguientes, el consumo fue totalmente normal sin tener rechazo y sin generar ningún problema digestivo en el ganado que consume esta forrajera, así conservada como ensilaje. Se concluye que, en la zona de Cachilaya, es técnicamente factible hacer ensilaje de totora adicionando un 3% de melaza como mínimo (mejor si se eleva a un 5% del peso de la totora que se utilizaría), el cual puede ser elaborado antes del invierno para tener un alimento de buena calidad en los meses de mayor falta de forraje (julio a octubre), con lo cual el productor mantenga los niveles productivos del hato lechero que maneja.

Palabras clave: Forrajes alternativos; Conservación de Forraje; Germoplasma Forrajero

Summary. Silage of Totora (aquatic plant) in the Titicaca Lake, for its conservation in the dairy basin of Cachilaya, in Batallas (La Paz). From May to August 2014, in the locality of Cachilaya (La Paz), works on the conservation of totora forage growing on the shores of Lake Titicaca were performed. Two trench-type silos were prepared in pits of more than 4 m³. A stationary forage harvester was used. The work was carried out with dairy producers of the area, who use totora as a basic source of feeding for their cattle. After 102 days, the silos were opened, evidencing a correct and adequate conservation process as silage. At the first moment of silage offered to the cattle, it was not consumed by the cattle, however, hours later and in the following days, the consumption was totally normal without rejection and without generating any digestive problem in the cattle consuming this forage preserved as silage. It is concluded that, in the Cachilaya area, it is technically feasible to make totora silage by adding at least 3% of molasses (better if it rises to 5% the weight of the totora to be used), which can be prepared before Winter in order to have a good quality food in the months of greater lack of fodder (July to October), with which the producer can maintain the productive levels of the dairy that manages.

Keywords: Alternative fodder; Forage Conservation; Forage Germplasm

Introducción

El presente artículo se emite en el marco de trabajo del Proyecto *Estrategia para la conservación y gestión de centros bioculturales de alta agrobiodiversidad integrados a procesos de adaptación al cambio climático en Bolivia*. El informe se limita a las acciones realizadas en la comunidad de Cachilaya (municipio de Puerto Pérez en el departamento de La Paz), trabajando con ensilaje de totora.

La totora es una especie característica de la zona lacustre del Lago Titicaca en Bolivia y Perú. A nivel Bolivia ha sido descrita por Cárdenas (1989); taxonómicamente si bien no hay mucha información concreta a nivel bibliográfico, se la puede clasificar como sigue en base a información obtenida de eFloras.org y US National Plant Germplasm System y Foster (1965):

Género: *Schoenoplectus*
 Familia: Cyperaceae
 Subfamilia: Cyperoideae
 Tribu: Fuireneae
 Especie: *Schoenoplectus californicus*
 (C. A. Mey.) Soják

con las siguientes sinonimias:

- *Schoenoplectus californicus* (C. A. Mey.) Soják.
- *Scirpus californicus* subsp. *tatora* (Kunth) T. Koyama.
- *Scirpus californicus* var. *tereticulmis* (Steudel) Barros.
- *Scirpus riparius* J. S. Presl & C. Presl.
- *Scirpus tatora* Kunth.

En cuanto a sus características forrajeras, se tiene escasa información preliminar, salvo trabajos de universidades de Bolivia y principalmente Perú.

En el caso de Bolivia, se tiene información sobre digestibilidad, publicada por Cutili el año 2012 en La Paz, Bolivia; por su parte, Estivariz del Castillo, el año 1995, publicó un trabajo sobre efectos de la utilización de totora en producción lechera. Franco (1981) reporta una evaluación bromatológica completa de las especies forrajeras del Lago Titicaca. La Fundación MEDMIN publicó el año 2003 un trabajo sobre cualidades de la totora, entre ellas su uso forrajero.

En Perú, merced a trabajos de la Universidad Nacional del Altiplano (UNA) de Puno, se tiene reportes específicos sobre la totora como forraje directo y conservado vía ensilaje, así se tiene trabajos de Nuñez (1971), Oranguyen (1968) y Oranguten y Tapia (1971).

Materiales y métodos

Muestras iniciales. En marzo de 2014 se entregó al CIF, varias muestras de totora fresca extraídas de la zona de trabajo de PROINPA en Cachilaya. Una vez que las muestras ingresaron al CIF, se determinó contenidos de humedad y materia seca y datos sobre pesos volumétricos y grado de compactación.

Elaboración de ensilaje. Entre el 7 al 10 de mayo de 2014, se realizó un primer viaje a la localidad de Cachilaya, para la elaboración de ensilaje de totora. Así, se prepararon dos silos grandes y ocho silos a nivel experimental. Además, la actividad sirvió para capacitar a productores de la zona de trabajo, contando con su activa participación, tanto en el corte, acarreo,

picado y apisonado de la materia prima, es decir totora existente en la comunidad de Cachilaya. Además del trabajo realizado, se tomó muestras de totora fresca y ensilada para realizar análisis de tejidos. Los resultados de este análisis de calidad nutritiva se detallan en el Anexo 4.

Apertura de los silos. Entre el 19 y 20 de agosto de 2014, se procedió a la apertura de los silos, es decir a 102 días de proceso de ensilaje, tanto en los silos grandes como en los experimentales. Además de la apertura de los silos, se aprovechó para la toma de muestras para análisis de calidad del ensilaje elaborado. Igualmente se realizó una evaluación participativa con los productores de la zona y finalmente se hicieron pruebas de consumo y palatabilidad con ganado bovino.

El trabajo realizado el año 2014 fue publicado en una cartilla divulgativa el año 2015 por el programa Nacional Biocultura (s/f), con aporte técnico del Centro de Investigación en Forrajes "La Violeta".

Resultados y discusión

Muestras iniciales

a) *Materia seca.* Haciendo secar de manera natural, 500 gramos de totora fresca, por 8 horas de luz solar, se determinó el siguiente valor promedio:

- % de humedad: 71.0%
- % de materia seca: 29.0%

Secando muestras de 200 gramos de totora fresca, en un horno de circulación de aire caliente (a 105°C) hasta peso constante, se determinó:

- % de humedad: 75.0%
- % de materia seca: 25.0%

Por tanto, estos serían los valores promedio de humedad y materia seca, de totora fresca extraída para consumo de forraje en condiciones de Cachilaya.

b) *Pesos volumétricos y grado de compactación.* Ambas determinaciones están relacionadas de manera directa y dependiendo del tamaño de los cilindros utilizados, la variación fue muy amplia, teniendo los siguientes valores promedio:

- Peso volumétrico de totora fresca
SIN COMPACTAR:
de 178 kg/m³ a 190 kg/m³
- Peso volumétrico de totora fresca
COMPACTADA:
de 264 kg/m³ a 422 kg/m³

Elaboración de ensilaje. El silo preparado por los productores fue una fosa de 0.90 m de profundidad * 2.50 m de ancho * 1.90 m de largo, es decir un estimado de 4.28 m³. Se debe aclarar que este volumen corresponde SOLO a la fosa, hasta la altura del ras del suelo, pero el silo quedó con un lomo por encima, habiendo colocado un estimado de 1000 kg de totora picada y compactada, en 4.28 m³ de espacio; por tanto se estima un peso volumétrico de 234 kg/m³ del ensilaje elaborado.

Durante toda la jornada de trabajo, en la fosa y con el lomo antes indicado, se colocó un total estimado de 1500 kg de totora picada y compactada. Por otra parte, en el mismo silo, se colocó un total de 47 kg de melaza, con lo que se puede estimar en un 3% la adición de melaza.

Para la preparación de la melaza se utilizó 70% de chancaca + 30% de agua, es decir 33 kg de chancaca diluida en 14 litros de agua.

El otro silo preparado fue una fosa de 0.80 m de profundidad * 2.40 m de ancho * 1.80 m de largo, es decir un estimado de 3.46 m³. Este volumen corresponde SOLO a la fosa, hasta la altura del ras del suelo, pero el silo quedó con un lomo por sobre el ras del suelo. Al momento de llegar al ras del suelo, desde la base de la fosa, se había colocado un estimado de 900 kg de totora picada y compactada; por tanto se estima en 260 kg/m³ el peso volumétrico logrado.

Apertura de los silos. El 20 de agosto de 2014, a 102 días después de haberse sellado los dos silos de totora, se procedió a su apertura, evidenciando un correcto y adecuado proceso de ensilaje, sin muestras de prácticamente ninguna fracción con pudrición, salvo en partes superficiales del silo.

Posteriormente a la evaluación participativa y a manera de pruebas preliminares, se ofreció el ensilaje producido a ganado vacuno y ovino del lugar. Debido a lo nuevo del alimento ofrecido, en principio éste no fue aceptado, sin embargo, ya en horas de la tarde el consumo fue mayor y gradualmente el ensilaje fue aceptado y consumido por el ganado.

Un reporte de los técnicos de PROINPA (La Paz) / Biocultura informa del consumo ya general del ensilaje de totora procedente de los dos silos “grandes”. El Cuadro 1 detalla esta información.

En cuanto a la calidad nutritiva, el Cuadro 2 muestra resultados de análisis tanto de totora fresca como de ensilaje de totora.

Cuadro 1. Reportes sobre la utilización del ensilaje de totora en Cachilaya a una semana de su apertura

Agricultor	Nro. de cabezas de ganado	Nro. de sacos de ensilaje de totora	Duración de un saco de 50 kg
Elías Vargas	12	8	2 días
Observaciones textuales por parte del agricultor: <i>El ganado a un principio no aceptó tan fácilmente el primer día de la apertura de los silos, pero al segundo día a medida que se ofrecía al ganado estos empezaron a comer de ambos silos de ensilaje sin mezclar con ningún tipo de forraje, el horario en que se da de comer el ensilaje es por las mañanas y tardes, el suelo donde se da el alimento se limpia, dando en pequeñas cantidades de acuerdo a la cantidad del ganado que uno tiene, el total de 8 sacos se terminó totalmente.</i>			
Agricultor	Nro. de cabezas de ganado	Nro. de sacos de ensilaje de totora	Duración de un saco de 50 kg
Ruth Herrera	7	6	2 días
Observaciones textuales por parte del agricultor: <i>Los ensilajes elaborados, aceptaron totalmente, ofreciendo como alimento por las mañanas y tardes en cantidades pequeñas, aún cuenta con ensilaje.</i>			
Agricultor	Nro. de cabezas de ganado	Nro. de sacos de ensilaje de totora	Duración de un saco de 50 kg
V. Alanoca	8	4	3 días
Observaciones textuales por parte del agricultor: <i>Los ganados comieron los ensilajes sin mezclar con nada y se las da solo por las mañanas, lo cual indica que se necesitara más los 8 sacos es muy poco para la cantidad de ganados que tenemos</i>			

Cuadro 2: Datos de análisis de laboratorio de la calidad nutritiva de muestras de totora fresca y de ensilaje de esta especie, procedente de Cachilaya, La Paz

Muestra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
A. Totora fresca	93.18	4.60	36.39	1.36	21.82	29.21	5.71	62.1	43.95	396.4	0.20	0.075	1.693
B. Avena	91.61	4.17	28.62	2.51	5.07	51.24	4.13	--	--	395.3	--	--	--
C. Ensilaje de totora	94.05	5.32	32.67	2.19	5.14	48.73	4.59	--	--	418.1	--	--	--
D. Ensilaje de totora	94.15	4.11		2.81	5.87								
E. Totora	94.73	4.89		1.11	6.17								

Referencias: **A:** Muestra tomada el 9 de mayo de 2014 en la localidad de Cachilaya.

B: Muestra tomada el 8 de mayo de 2014 en la localidad de Cachilaya (desarrollo fisiológico avanzado de la avena).

C: Muestra tomada el 12 de junio de 2014 en La Violeta, de bolsa de ensilaje experimental de totora, después de dos meses de ensilada.

D: Muestra tomada el 20 de agosto de 2014 en Cachilaya, a la apertura de los silos después de 102 días. Muestra del Silo 1 (adición de solamente melaza).

E: Muestra tomada el 20 de agosto de 2014 en Cachilaya. Corresponde a una muestra de plantas enteras de totora, en el estado en el que a la fecha del muestreo se ofrece como forraje.

1: % de materia seca total
 2: % de proteína bruta
 3: % de fibra cruda
 4: % de extracto etéreo
 5: % de ceniza
 6: % de ELN
 7: pH
 8: % de fibra detergente neutra
 9: % de fibra detergente ácida
 10: Energía (Kcal/100 g)
 11: Calcio (%)
 12: Fósforo total (%)
 13: Potasio (%)

Fuente: Laboratorio de Nutrición Animal del departamento de Zootecnia y Producción Animal (FCAYP – UMSS).

Estimación de costos directos para la elaboración de ensilaje de totora en Cachilaya. En el caso de Cachilaya, y por tratarse de mano de obra familiar o bajo sistema de “ayni”, los únicos costos directos que deberían considerarse son los siguientes:

Plástico: El plástico negro utilizado para preparar el silo fue de un grosor de 90 micras, viene en rollos de 50 m de largo, tipo manga, de 2 m de ancho que se abre a 4 m. El costo referencial de este insumo es de 580 Bs/rollo, es decir 11.60 Bs/m (puesto en agencias en la ciudad de La Paz). En el caso de Cachilaya y por las dimensiones de cada fosa destinada para silo, se utilizó 15 m de plástico, por tanto, solamente en plástico negro, se hizo una inversión de 174 Bs.

Chancaca: En los mercados de El Alto y La Paz se encuentra chancaca en bloques con un peso promedio de 5 kg. Cada bloque (o también llamado adobe) tiene un costo de 45 Bs, por tanto el precio de referencia para la chancaca fue de 9 Bs/kg de chancaca.

Conclusiones

- Técnicamente es factible la conservación del forraje fresco de totora (cosechando en abril/mayo) en la localidad de Cachilaya, mediante el ensilaje del mismo, adicionando necesariamente, melaza en un 3% (como mínimo) del peso de la totora a ser ensilada.
- Se debe determinar la factibilidad técnica de la elaboración de ensilaje con forraje más seco de totora, el cual domina a los totorales de la zona, durante julio a septiembre.
- Con el trabajo realizado, se ha capacitado, de manera directa, a una veintena de productores de Cachilaya en la conservación de forrajes, a través de la elaboración de ensilaje de totora, evidenciando la factibilidad técnica a partir de dos silos grandes (adicionando melaza).

Referencias citadas

- Cárdenas M. 1989. Manual de plantas económicas de Bolivia. Enciclopedia Boliviana. Edit. Los Amigos del Libro, 2da. Ed. La Paz, Bolivia. 333 p.
- Cutigli J. 2012. Digestibilidad aparente del llachu (*Elodea potamogeton*) y totora (*Schoenoplectus totora*) en ganado bovino en la comunidad Belén Provincia Omasuyos. Tesis de grado. Facultad de Agronomía. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. 118 p.
- eFloras.org. *En línea*. Disponible en: www.efloras.org/florataxon.aspx?flora_id=40&taxon_id=242357933
Consultado el 14 de agosto 2016.
- Estivariz del Castillo F. 1995. Determinación de la combinación óptima del llachu (*Elodea potamogeton*) y totora (*Schoenoplectus totora*) para la producción lechera. Tesis Agronomía. UMSA, La Paz, Bolivia.
- Foster R. 1965. Studies on the flora of Bolivia. III Cyperaceae, Part I. Rhodora 67 (770) 97–138.
- Franco A. 1981. Evaluación bromatológica de las especies forrajeras del lago Titicaca. Tesis UMSA. La Paz, Bolivia.
- Fundación MEDMIN (Medio Ambiente, Minería e Industria). 2003. Uso de totorales para la descontaminación en Bolivia. Informe final. Autoridad Binacional del Lago Titicaca. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Proyecto de Conservación de la Biodiversidad del Sistema TDPS. La Paz, Bolivia. pp. 23.
- Nuñez M. 1971. Contribución al estudio de la producción de ensilaje de avena en

comparación con ensilaje de totora en el altiplano. Revista de la UNTA 3(4) 158-165. Puno, Perú.

Oyanguren F. 1968. Ensayo comparativo de la digestibilidad de ensilaje de avena (*Avena sativa*) variedad Mantaro 15 y de totora (*Scyrpus* sp.) en ovinos y alpacas. Tesis UNA. Puno, Perú. 33 p.

Oyanguren F., Tapia M. 1971. Ensayo comparativo de la digestibilidad de ensilaje de avena y de totora en ovinos y alpacas. Informe inédito. UNA. Puno, Perú.

Programa Nacional BioCultura. s/f. Ensilaje de Totora - *En base al trabajo desarrollado en Cachilaya, Batallas, La Paz*. BIOCULTURA, PROINPA, CIF, COSUDE. 8 p. **En:** Catálogo de buenas prácticas agrícolas para afrontar el cambio climático. Programa Nacional BioCultura – PROINPA – COSUDE. Cochabamba, Bolivia.

US National Plant Germplasm System. *En línea*. Disponible en: <https://npgsweb.ars-grin.gov/> Consultado el 14 de agosto 2016.

Trabajo recibido el 7 de octubre de 2016 - Trabajo aceptado el 1 de noviembre de 2016



El VIII Congreso Mundial sobre Camélidos, a realizarse en Bolivia en el año 2018, es una realidad gracias a la decisión y compromiso de organizaciones productivas e instituciones departamentales y nacionales, es el caso de la Asociación Nacional de Productores de Camélidos, la Asociación Departamental de Camélidos de Oruro, la Universidad Técnica de Oruro, el Gobierno Autónomo Departamental de Oruro y aprobado por el Presidente del Estado Plurinacional de Bolivia.

El Congreso Mundial, pretende posicionar el valor integral (económico, social, cultural y ambiental) de los camélidos, bajo un enfoque de complejo productivo integral, en beneficio de todos los pueblos de Latinoamérica y el Mundo.

En el Congreso participarán criadores de llamas y alpacas, comercializadores, científicos, profesionales y estudiantes de Perú, Chile, Ecuador, España, Francia, Canadá, entre otros y por supuesto del país anfitrión, Bolivia.

Mayor información: Ing. Agr. Severo Choque Nina
Casilla electrónica: quritama@hotmail.com
Celular: 67228958 (Oruro, Bolivia)

JOSÉ SALINAS CASTRO (1945 – 2016): UNA VIDA DIGNIFICANDO AL PROFESIONAL AGRÓNOMO BOLIVIANO



José G. Salinas Castro, Ingeniero Agrónomo formado en la *Universidad Mayor de San Simón* (UMSS) de Cochabamba, con Maestría en Suelos y Cultivos Tropicales en Costa Rica, en el *Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura* (IICA) y Doctorado en Manejo de Suelos en la *Universidad Estatal de Carolina del Norte* en Estados Unidos de Norte América. El Dr. José Salinas, antes de su salida al exterior del país, en el año 1970, fue catedrático de Suelos en la *Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias* de la UMSS.

A nivel internacional, durante más de veinte años de destacada labor profesional, trabajó en investigación de suelos agrícolas en proyectos de suelos tropicales en el Brasil; en el Programa de Pastos Tropicales del *Centro Internacional de Agricultura Tropical* (CIAT) en Cali (Colombia) y en Pucallpa (Perú), además de ser docente de suelos en programas de entrenamiento a profesionales de todo el mundo en el CIAT en Colombia; también trabajó en el *Programa de Manejo y Conservación de Suelos para una Agricultura Sostenible en América Latina* con la FAO. En 1985-86 fue Presidente Mundial de *Agronomía Internacional*.

A su retorno a Bolivia en 1989, fue Gerente Técnico del *Programa de Desarrollo Alternativo Regional*; Subsecretario de *Desarrollo Alternativo* y luego Director Ejecutivo del *Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria*. En 1993 presidió la *Comisión de Selección para la Medalla Agrícola Latinoamericana* en Costa Rica. Apoyó a diferentes instituciones, como consultor nacional e internacional, en manejo y conservación de recursos naturales, habiendo realizado varios trabajos de diagnóstico, elaboración y ejecución de proyectos sobre el manejo y conservación de los recursos naturales en Bolivia. Poco antes de su sensible fallecimiento, apoyó un trabajo de diseño curricular de una maestría en suelos para la UMSS.

Recibió varias distinciones y reconocimientos; entre ellos del CIAT de Colombia; de las sociedades colombiana y brasilera de la ciencia del suelo; del *Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria* del Perú; del *Ayuntamiento Municipal de Veracruz* (México); del *Concejo para las Ciencias Agrícolas y Tecnología* (Wisconsin, EE. UU.); del *Registro Americano de Profesionales Certificados en Agronomía, Cultivos y Suelos* (Madison, EE.UU.); del *Departamento de Estado de los EE.UU.* (Washington); del *Banco Mundial* (Washington); de la *Facultad de Ciencias Agrícolas* de la UMSS y de la *Universidad Central de Cochabamba*.

Todo el bagaje de su aporte y experiencia profesional, es reconocido por todos quienes han tenido la suerte de compartir experiencias, conocimiento y sobre todo amistad de un gran profesional agrónomo boliviano. Que las enseñanzas y ejemplo de vida del Dr. José Salinas, perdure e inspire a quienes trabajamos en el rubro y a las generaciones de agrónomos en formación.

La *Revista de Agricultura* es un espacio de comunicación nacional que brinda al lector, información y conocimiento sobre la realidad boliviana y los avances en las áreas agrícolas, pecuarias y forestales



Universidad Mayor de San Simón

www.umss.edu.bo



Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias "Martín Cárdenas" (FCAyP - UMSS) Instituto de Investigaciones

Telf.: 4762384. Fax: 4234123 – Casilla 4894
www.agr.umss.edu.bo



Centro de Investigación en Forrajes "La Violeta" (CIF-UMSS)

Telf.: 4316856. Fax: 4315706
www.agr.umss.edu.bo



Fundación para la Promoción e Investigación de Productos Andinos (PROINPA)

Telf. 4319595. Fax: 4319600 - Casilla 4285
www.proinpa.org

La REVISTA DE AGRICULTURA en internet:
www.agr.umss.edu.bo