



Forrajes y Semillas Forrajeras

Volumen 11
Marzo 2007



Universidad Mayor de San Simón
Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias
"Martín Cárdenas"

Departamento de Fitotecnia



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



Cochabamba, Bolivia



Esta es una publicación del
Centro de Investigación
en Forrajes "La Violeta" (CIF-UMSS)

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN SIMON

Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias
"Martín Cárdenas"

Departamento de Fitotecnia

Personal del Centro de Investigación en Forrajes "La Violeta" (2007)

Director:

Jorge Delgadillo

Personal Técnico:

Mery Hervas de Quitón(**)
Franz Gutiérrez
Ruddy Meneses
Rodrigo Rodríguez
José Espinoza
Hernán Campos

Personal administrativo:

Teresa Berrios

Personal de campo y serenos:

Francisco Almanza	Pablo García
Leonardo Ayala	Fortunato García
Javier Escobar	Julián Peñaloza

La publicación del presente número
contó con el respaldo financiero
del Proyecto OpUsLi (www.eubean.net),
la Empresa de Semillas Forrajeras
SEFO - SAM (www.supernet.com.bo/sefo)
y del Centro de Investigación en Forrajes
"La Violeta" (CIF-UMSS)



Autoridades Universitarias

Ing. Franz Vargas	Rector
Lic. Roberto Iriarte	Vice Rector

Autoridades Facultativas

Ing. MSc. Juan Villarroel, Decano
Dra. Elfi Vaca, Directora Académica
Ing. Edgar Gutiérrez,
Director del Instituto de Investigaciones
Ing. Freddy Espinoza,
Jefe del Departamento de Fitotecnia

El CIF-UMSS "La Violeta",
para su funcionamiento cuenta con
el reconocido apoyo de la
Empresa de Semillas Forrajeras,
SEFO - SAM

Personal Técnico de SEFO
a marzo de 2007:

Gastón Sauma (Gerente)
Emigdio Ramírez (Área Santa Cruz)
Alfonso Escóbar (Área Cochabamba)
Horacio Antezana (Área Santa Cruz)

Comité Editorial:

Ruddy Meneses
Hernán Campos
Franz Gutiérrez
Jorge Delgadillo
Rodrigo Rodríguez
José Espinoza

Diagramación:

Ruddy Meneses

© 2007 Centro de Investigación en Forrajes "La Violeta" (CIF-UMSS)
www.supernet.com.bo/cifumss

Tiraje: 500 copias
Impreso en Bolivia

Se autoriza la reproducción total o parcial del presente documento,
por cualquier medio, siempre y cuando se cite la fuente

(*) La Ing. Mery Hervas de Quitón
trabajó en el CIF hasta julio de 2006.

El personal de "La Violeta" hace público
su reconocimiento a la destacada labor
de nuestra Colega cuya participación fue
vital en el desarrollo técnico y científico
de nuestro Centro, durante su
permanencia en el mismo.



Centro de Investigación en Forrajes "La Violeta"

(1969 - 2007)

Centro Universitario de Excelencia Académica, dedicado a la Enseñanza, Investigación, Formación, Producción e Interacción Social en las Áreas de Forrajes y Semillas Forrajeras para Bolivia



Universidad Mayor de San Simón
Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias
"Martín Cárdenas"
Departamento de Fitotecnia



Forrajes y Semillas Forrajeras

Volumen 11
Marzo 2007

Presentación

El Centro de Investigación en Forrajes CIF "La Violeta", dependiente del Departamento de Fitotecnia de la FCAyP-UMSS, con el propósito de difundir la tecnología que genera en su labor diaria, publica el volumen 11 de la revista "Forrajes y Semillas Forrajeras", documento propio del Centro con una vigencia de más de 25 años.

No ha transcurrido mucho tiempo desde que el CIF presentó a la comunidad universitaria en especial y a toda la comunidad en general, un documento electrónico conteniendo todas sus publicaciones a partir del año 1969. El volumen impreso que ahora se presenta no es más que la ratificación de una vocación de trabajo del CIF y de todos sus integrantes, en una actividad que ya lleva casi 40 años de esfuerzo sostenido y orientado a la mejora de la actividad pecuaria productiva regional y nacional, a través de la generación de tecnología en el rubro forrajero.

Por esta permanente presencia y difusión de conocimientos, me place presentar este volumen de la revista del CIF, en el cual se destaca la publicación de artículos que abarcan cinco diferentes áreas técnicas en el rubro de forrajes y semillas forrajeras, actividad en la que el CIF y SEFO son referente para todo nuestro país.

El aporte del CIF a la comunidad universitaria a través de este volumen y la amplia y calificada gama de experiencias técnicas que se ofrece en el mismo, debe ser fuente de conocimiento técnico para los futuros profesionales que se están formando en el seno de nuestra Facultad pero también debe ser una fuente de consulta y aplicación para aquellos técnicos y agricultores que se enfrentan con el reto diario de tener una ganadería más eficiente y productiva.

Seguros estamos que el CIF mantendrá estos canales de difusión que le permite a nuestra Universidad proyectarse a la comunidad toda, cumpliendo uno de los pilares de su razón de ser: la generación y difusión del conocimiento científico. Consideramos que este norte ha sido cumplido con creces en el presente número de la revista "Forrajes y Semillas Forrajeras".



Ing. MSc. Juan Villarroel Soliz
Decano FCAyP - UMSS

Forrajes y Semillas Forrajeras Volumen 11

<i>Autor (es)</i>	<i>Título del trabajo</i>	<i>pg.</i>
PRODUCCIÓN DE FORRAJE		
Franz Gutiérrez, Rina Mercado	Cereales menores en asociación con leguminosas forrajeras anuales para producción de materia seca en el Valle Central de Cochabamba	1
Franz Gutiérrez, Miguel Guamán, Ruddy Meneses	Efecto de la aplicación de roca fosfórica en la producción de biomasa de tres leguminosas forrajeras arbustivas tropicales en el trópico húmedo de Cochabamba	5
Ruddy Meneses, Hernán Campos, Ermino Barrientos, Reynaldo Siñani, Moisés Felipez, Franz Gutiérrez, José Espinoza, Rodrigo Rodríguez	Persistencia y producción de forraje de once cultivares de alfalfa evaluados durante nueve ciclos agrícolas en el Altiplano Central de Oruro	11
Ruddy Meneses, Ermino Barrientos, Juan Véliz	Rendimientos en forraje y composición botánica en macro parcelas asociadas de cereales y leguminosas anuales, en el Altiplano Central de Oruro, para producción de ensilaje	23
PRODUCCIÓN DE SEMILLA		
Ladislao Lazarte, Litza Lazarte	Fertilización fosforada en variedades de trébol blanco (<i>Trifolium repens</i>) en tres ciclos de producción de semilla	31
Ladislao Lazarte, Litza Lazarte	Efecto del nitrógeno en producción de semilla de pasto llorón (<i>Eragrostis curvula</i>) durante cuatro años en “La Violeta”	37
Franz Gutiérrez, Aldo Agreda	Poblaciones y cortes de tutor en la producción de semilla de <i>Vicia villosa</i> y <i>Vicia villosa</i> ssp. <i>dasycarpa</i> en “La Violeta”	43

Contenido

<i>Autor (es)</i>	<i>Título del trabajo</i>	<i>pg.</i>
INTRODUCCIÓN Y EVALUACIÓN DE GERMOPLASMA PROMISORIO FORRAJERO		
Franz Gutiérrez	Cebadas capuchonas, nueva opción para la producción forrajera de la zona andina de Bolivia	47
Félix Rodríguez, Ruddy Meneses, José Espinoza, Carlos Rojas, Brian G. Sims	El tagasaste (<i>Chamaecytisus proliferus</i> ssp. <i>palmensis</i>), experiencias en la multiplicación y adaptación en los valles de Cochabamba	55
Franz Gutiérrez, Grober Ponce	Evaluación y caracterización agronómica de cultivares de amaranto (<i>Amaranthus caudatus</i> L.) para producción de forraje y grano	63
Ruddy Meneses, Hernán Campos, Yury Antezana, Abel Angola, Juana Quispe, Franz Gutiérrez, Rodrigo Rodríguez	Potencial de la <i>Vigna unguiculata</i> (cumanda) como opción agronómica para abono verde en condiciones de trópico húmedo	69
Ermindo Barrientos, Ruddy Meneses, José Cachambi, Herbet Cruz, Raúl Machaca	Manejo agronómico de cultivares de nabo forrajero y pruebas de consumo en ganado lechero en el CEAC, Altiplano Central de Oruro	81
CONSERVACIÓN DE FORRAJES		
Jorge Delgadillo, Rodrigo Rodríguez, Sergio Arandía	Conservación de la chala de maíz como ensilaje con rehidratación y aplicación de aditivos	87
Jorge Delgadillo, Rodrigo Rodríguez, Ronald Camacho	Conservación del amaranto (<i>Amaranthus caudatus</i> L.) como ensilaje puro y en mezcla con maíz y pasto elefante (<i>Pennisetum purpureum</i> cv. Camerún)	91
PATOLOGÍA DE FORRAJES		
Mery Hervas María López	Identificación preliminar de la cancrrosis del tallo del tagasaste (<i>Chamaecytisus proliferus</i> ssp. <i>palmensis</i>) en plántulas producidas en vivero	95

Cereales menores en asociación con leguminosas forrajeras anuales para producción de materia seca en el valle central de Cochabamba ¹

Franz Gutiérrez ², Rina Mercado ³

¹ Extracto de la tesis de grado de la segunda autora

² Investigador CIF “La Violeta”, ³ Ing. Agrónoma

Resumen

En el ciclo 1997/1998, en el CIF “La Violeta”, se evaluó tres cereales menores (avena, cebada y triticale) en siembras puras y asociadas con leguminosas forrajeras anuales (arveja y veza común). En arveja se utilizaron dos variedades y en veza una variedad, haciendo un total de 12 tratamientos, dispuestos en bloques completos al azar con cuatro repeticiones. El análisis estadístico mostró diferencias en producción de materia seca total, la asociación avena más arveja cv. San Benito 2 superó significativamente a los demás tratamientos. Analizando la producción de materia seca de las leguminosas en estudio, el cultivar de arveja San Benito 3 se mostró como el más rendidor y compatible con los cereales en estudio. En los cultivos de cebada y triticale se observó un incremento substancial en producción de proteína cuando éstos se asociaron con arveja cv. San Benito 3, en el cultivo de avena el efecto de la leguminosa no tuvo mayor incidencia ya que tanto en cultivo puro o asociado, el potencial de producción de proteína es similar.

1. Introducción

Los cereales menores forrajeros (avena, cebada y triticale), constituyen un recurso forrajero importante dentro la actividad pecuaria de la región andina del país y especialmente en las zonas altas, que debido a las condiciones climáticas adversas en cuanto a humedad y temperatura, estas especies se han constituido en base de la alimentación de la ganadería de estas regiones. Estos cereales menores, en siembras puras, proporcionan un forraje con bajo contenido proteico que no cubre los requerimientos del animal para la producción de leche en particular (Pérez, 1996).

Una de las alternativas para mejorar el contenido de proteína de los cereales constituye la asociación con leguminosas forrajeras anuales que sean fisiológicamente compatibles. Por ende, el trabajo plantea determinar el comportamiento fisiológico y agronómico de tres cereales menores (*Avena sativa*, *Hordeum vulgare* y *X. Triticosecale* W.) en asociación con dos leguminosas forrajeras anuales (*Pisum*

sativum y *Vicia sativa*), en términos de producción forrajera y rendimiento en proteína.

2. Materiales y métodos

El trabajo se realizó en el periodo agrícola 1997-1998 en el Centro de Investigación en Forrajes “La Violeta”. El ensayo se estableció bajo un diseño de bloques completos al azar con 12 tratamientos que corresponden a los cultivos puros de cereales y asociados con leguminosas con cuatro repeticiones. La comparación de medias se realizó a través de la prueba de Rango Múltiple de Duncan.

Los cereales utilizados fueron:

- Avena cv. Gaviota.
- Cebada cv. Gloria.
- Triticale cv. Cautivador.

Las leguminosas fueron:

- Veza común (*Vicia sativa*).
- Arveja forrajera (*Pisum sativum*) cv. San Benito 2 y San Benito 3).

La siembra en los tratamientos asociados se realizó depositando las semillas del cereal y la leguminosa en el mismo surco y en forma simultánea, el largo del surco fue de 5 metros y seis surcos por parcela.

La densidad de siembra -expresada en términos de población por unidad de superficie-, se estandarizó para el caso de las asociaciones a 250 plantas/m² del cereal y 50 plantas/m² para la leguminosa. Tal población se ajustó al 100% de valor cultural. Para el cultivo puro la población estandarizada fue de 300 plantas/m².

La cosecha del forraje se realizó en los cuatro surcos centrales de la unidad experimental, eliminando un surco a cada lado y 0.50 m. en los extremos para evitar el efecto de bordura.

Para determinar el momento de cosecha oportuno se tomó como parámetro la emergencia de 15 a 20% de las espigas (cebada y triticale) o panojas (avena) según sea el caso.

3. Resultados y discusión

El análisis de varianza estableció diferencias altamente significativas para el rendimiento en materia seca.

Los coeficientes de variación obtenidos se encontraron dentro el rango aceptable.

3.1. Rendimiento en materia seca total y participación cereal/leguminosa

La avena asociada con arveja cv. San Benito 2 superó significativamente en producción de materia seca total, al rendimiento obtenido con avena en cultivo puro y asociado con el otro cultivar de arveja y con *Vicia sativa*, como también a los rendimientos obtenidos por triticale y cebada en cultivo puros y asociados con las leguminosas en estudio (figura 1).

El rendimiento de materia seca de solamente las leguminosas, muestra al cultivar de

arveja San Benito 3 como el más productivo con diferencias significativas al resto de leguminosas evaluadas. Este cultivar se mostró compatible con cada uno de los tres cereales en estudio.

La figura 2 muestra la participación de los componentes (cereal y leguminosa) en todos los tratamientos. La leguminosa que reporta mayor participación en el rendimiento total en base seca es la arveja cv. San Benito 3, que alcanza porcentajes de 15, 46 y 44% cuando esta asociado con avena, cebada y triticale, respectivamente. La poca participación de la leguminosa asociada con avena se atribuye principalmente a que esta especie macolla mucho más que la cebada y triticale, afectando el desarrollo de la leguminosa. La baja participación porcentual de las leguminosas, en el rendimiento total de las parcelas (es el caso de arveja cv. San Benito 2 y *Vicia sativa*) en asociación con los tres cereales se puede deber a la alta competencia inter específica cuando la siembra asociada se realiza simultáneamente en el mismo surco.

3.2. Rendimiento en proteína

En cantidad de proteína, el cultivo puro de avena produce más que triticale y este a su vez mas que la cebada con 0.97, 0.73 y 0.35 t/ha de proteína, respectivamente.

Analizando los cultivos asociados, se puede inferir que en el cultivo de avena el efecto de la leguminosa en la producción de proteína no tuvo una incidencia marcada, puesto que en cultivo puro y asociado prácticamente producen similares cantidades de proteína. La relativa superioridad en la producción de proteína de la asociación avena con arveja cv. San Benito 2, esta influenciado más por el rendimiento de materia seca del cereal que por una participación efectiva de la leguminosa. En los cultivos de cebada y triticale se evidencia un incremento substancial en la producción de proteína cuando se asocian con arveja cv. San Benito 3, cuya participación en

el rendimiento de proteína cuando se asocia con cebada supera el cien por ciento al producido como cultivo puro y cuando se asocia con triticale supera con más de 50% al rendimiento de proteína del monocultivo de triticale. Las

leguminosas arveja cv. San Benito 2 y *Vicia sativa*, cuando se asocian con cebada y triticale, no muestran un efecto aditivo de consideración en producción de proteína comparado con los cultivos puros (referir al cuadro 1).

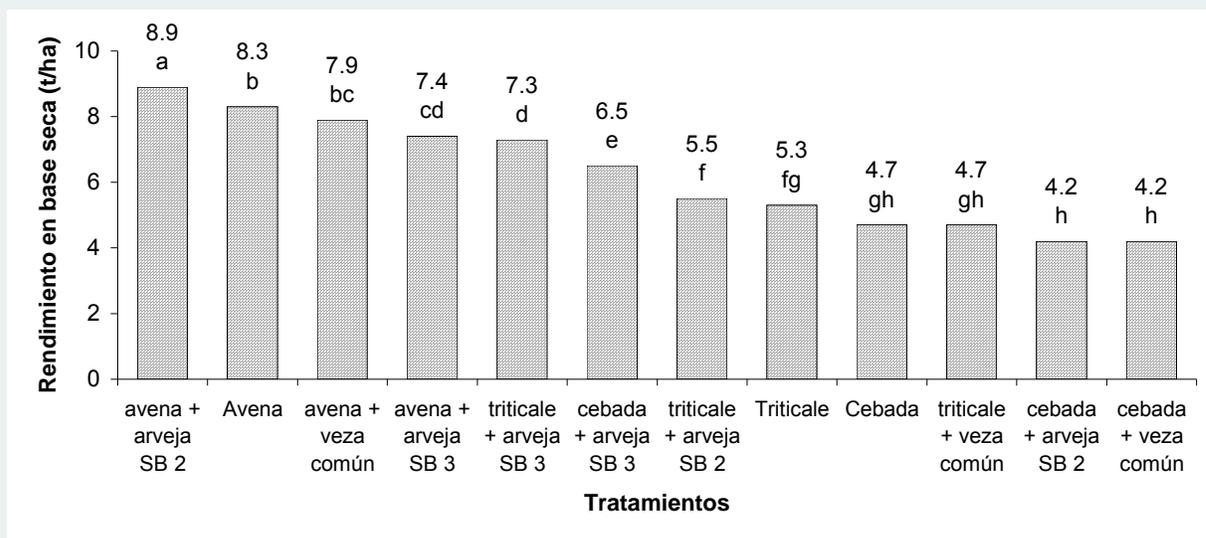


Figura 1. Rendimiento en materia seca total para cultivos puros y asociados. Valores con letras diferentes, difieren estadísticamente según la Prueba de Duncan ($p \leq 0.05$)

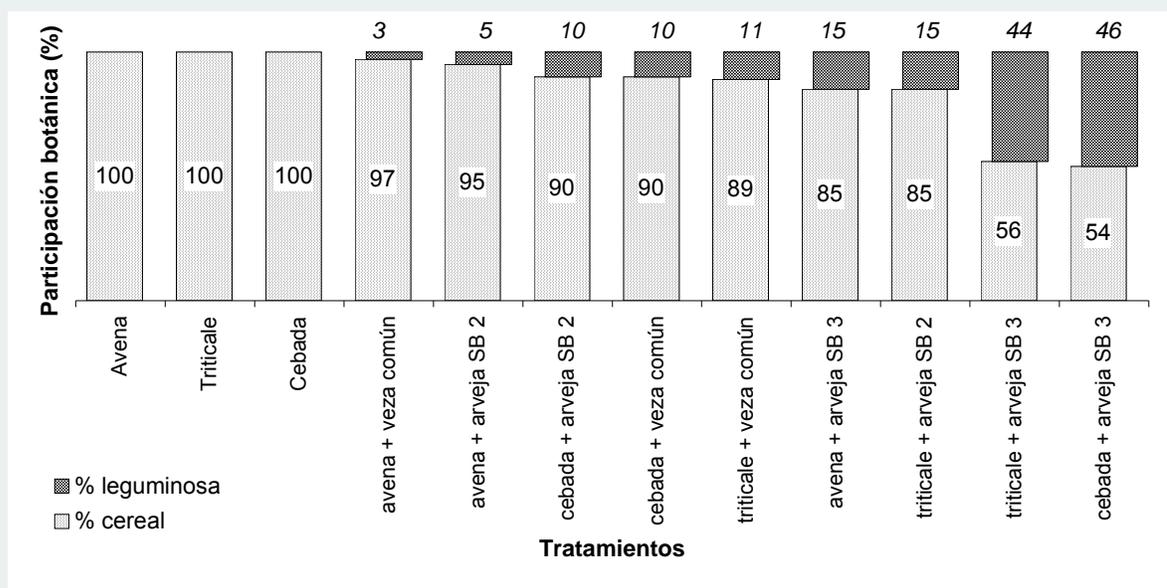


Figura 2. Participación porcentual en base seca del cereal y la leguminosa.

Cuadro 1. Producción de proteína para cultivos puros y asociados t/ha.

Tratamientos	Rend. MS t/ha		% de proteína		Rend. proteína t/ha		Rend. total proteína t/ha
	Cereal	Leguminosa	Cereal	Leguminosa	Cereal	Leguminosa	
Avena (Av)	8.32	--	11.6	--	0.97	--	0.97
Cebada (Ceb)	4.66	--	7.5	--	0.35	--	0.35
Triticale (Tcl)	5.25	--	13.9	--	0.73	--	0.73
Av + Arv. SB 2	8.52	0.39	11.6	15.3	0.99	0.06	1.05
Av + Arv. SB 3	6.34	1.14	11.6	18.4	0.74	0.21	0.95
Av + <i>V. sativa</i>	7.71	0.16	11.6	18.7	0.90	0.03	0.93
Ceb + Arv. SB 2	3.83	0.35	7.7	17.1	0.29	0.06	0.35
Ceb + Arv. SB 3	3.48	2.95	7.4	18.6	0.26	0.55	0.81
Ceb + <i>V. sativa</i>	3.79	0.41	7.1	19.5	0.27	0.08	0.35
Tcl + Arv. SB 2	4.71	0.76	13.8	17.1	0.65	0.13	0.78
Tcl + Arv. SB 3	4.06	3.18	13.7	18.5	0.56	0.59	1.15
Tcl + <i>V. sativa</i>	4.21	0.54	13.5	20.3	0.57	0.11	0.68

4. Conclusiones

- La diferencia en rendimiento de materia seca entre los cereales en estudio estuvo más influenciado por las características propias de cada especie. En las leguminosas el cultivar de arveja San Benito 3 fue superior en rendimiento en materia seca con diferencias significativas al resto de tratamientos.
- La participación porcentual de las leguminosas en el rendimiento total de materia seca fue muy variada, el cultivar de arveja San Benito 3 reportó los mejores aportes, llegando a máximos cercanos al 50% de participación botánica en la asociación.
- En rendimiento de proteína, la avena en cultivo puro, registró mayor producción de proteína que en triticale y este a su vez mayor que en el caso de cebada.
- El aporte del cultivar de arveja San Benito 3 en el rendimiento de proteína fue muy marcado cuando se asocia con cebada y triticale ya que logró aumentos substanciales comparados a los obtenidos con los

cereales en monocultivo. Las tres leguminosas asociadas con avena no muestran un efecto positivo en el rendimiento de proteína en comparación con el cultivo puro.

- Fisiológicamente y agrónomicamente el cultivar de arveja San Benito 3 es compatible con los cereales cebada y triticale, constituyendo una alternativa forrajera importante para mejorar la calidad de los cereales mencionados.

Referencias

- Mercado, R. 2001. Cereales menores en asociación con leguminosas forrajeras anuales para producción de materia seca en "La Violeta" Cochabamba. Tesis Ing. Agr. FCAyP-UMSS. Cochabamba, Bolivia. 62 p.
- Pérez, C. 1996. Leguminosas en sistemas de cultivo de la zona andina. pp 97-107. **En:** Meneses R., Waaijenberg, H. y Piérola, L. (eds.). 1996. Las leguminosas en la agricultura boliviana. Revisión de información. Proyecto Rhizobiología. Cochabamba, Bolivia. 434 p.

Efecto de la aplicación de roca fosfórica en la producción de biomasa de tres leguminosas forrajeras arbustivas tropicales en el trópico húmedo de Cochabamba ¹

Franz Gutiérrez ²; Ruddy Meneses ²; Miguel Guamán ³

¹ Extracto del borrador de tesis de grado del tercer autor

² Investigadores CIF "La Violeta", ³ Tesista, egresado del CATREN-UMSS (Valle del Sacta)

Resumen

En el Fundo Universitario Valle del Sacta se evaluó el efecto de tres niveles de roca fosfórica (0, 400 y 800 kg/ha) en tres leguminosas forrajeras arbustivas (*Gliricidia sepium*, *Calliandra calothyrsus* y *Cratylia argentea*). Las variables de respuesta estudiadas fueron: rendimiento de materia seca por planta (fracción fina y fracción gruesa) número de ramas por planta y relación fracción fina/fracción gruesa. El análisis de varianza estableció diferencias estadísticas para todas las variables en estudio, en los dos factores en estudio. En rendimiento en materia seca de fracción fina y fracción gruesa, *C. calothyrsus* superó significativamente a las otras leguminosas en estudio; en relación fracción fina/fracción gruesa, *C. argentea* superó significativamente en este atributo a las otras leguminosas. De manera general el nivel de 800 kg/ha de roca fosfórica produjo incrementos significativos en las variables en estudio.

1. Introducción

Uno de los problemas más comunes en el desarrollo de la agricultura de los trópicos es la rapidez con la que se pierde la fertilidad de los suelos, pérdida ligada principalmente a las condiciones climáticas y edáficas propias de estas zonas. La roca fosfórica constituye una alternativa de fertilizante fosforado para la aplicación en cultivos y/o pasturas en regiones tropicales con suelos ácidos, altos niveles de saturación de aluminio y bajos niveles de fósforo en el suelo.

Debido a las múltiples funciones que cumplen las leguminosas forrajeras arbustivas en sistemas productivos en los trópicos y siendo el elemento fósforo limitante en este ecosistema para la producción agropecuaria se plantea evaluar la respuesta de tres leguminosas forrajeras arbustivas (*Gliricidia sepium*, *Calliandra calothyrsus* y *Cratylia argentea*) a la aplicación de diferentes niveles de roca fosfórica, como una alternativa de incrementar la producción de forraje. Los géneros *Gliricidia* y *Calliandra* son nativos de Centro América y México y se cultivan extensivamente en el

trópico húmedo de Latinoamérica. En el género *Cratylia* se tiene arbustos nativos de la amazonía y se caracteriza por su amplia adaptación a zonas bajas tropicales con sequías de hasta 6 meses y suelos ácidos de baja fertilidad como ultisoles y oxisoles (Argel y Mass 1995 citados por Lascano, 2002).

2. Materiales y métodos

El periodo del ensayo abarca los años 2001 al 2003, en el Valle del Sacta, provincia Carrasco, Cochabamba, a 17°12' de latitud sur y 64°40' de longitud oeste, a 220 msnm, con una temperatura media anual de 25 °C y 2750 mm de precipitación anual. El ecosistema de la región corresponde a bosque tropical lluvioso (Cochrane, 1982), los suelos al orden Inceptisol y sus principales características químicas y físicas se muestran en el cuadro 1. Para el ensayo se utilizó un terreno cuyo cultivo anterior fue banano con 5 años de explotación, para el establecimiento del ensayo se eliminó la vegetación (malezas) en forma mecánica y luego se roturó con motocultor franjas de un metro de ancho distanciados cada 5 m, donde se distribuyó al azar los niveles de roca fosfórica

Cuadro 1. Características físicas y químicas del suelo del área experimental – Valle del Sacta.

Profundidad cm	Arena	Limo	Arcilla	pH	P ppm	MO %	Ca Mg Al			Saturación de aluminio (%)
	%						mg/100 g			
0 - 20	31	51	18	5.2	10.7	1.7	3.4	0.65	3.10	74

Los plantines de las leguminosas en estudio, con tres meses de permanencia en vivero, se plantaron en la parte central de las fajas removidas bajo un diseño de parcelas divididas con tres repeticiones, las tres especies de leguminosas arbustivas forrajeras fueron dispuestas como parcelas y los niveles de roca fosfórica (N1 Testigo, N2 400 kg/ha y N3 800 kg/ha) como sub parcelas.

Después de la fase de establecimiento que duró siete meses, se realizó un corte de uniformización de las plantas a un metro de altura del suelo, para luego evaluar el rebrote de la biomasa con intervalos de tiempo que fluctuaron de 90 a 100 días. Las variables evaluadas fueron rendimiento de materia seca de fracción fina (hojas y tallos con diámetros inferiores a 0.5 cm) y fracción gruesa (tallos con diámetros mayores a 0.5 cm), relación fracción fina/fracción gruesa y número de ramas por planta. La unidad experimental estuvo constituida por 15 plantas distanciadas a un metro, sobre hileras distanciadas a 5 metros entre sí. Para la evaluación de tomaron cuatro plantas por unidad experimental. Los resultados se promediaron y se expresaron en gramos por planta.

3. Resultados y discusión

Los resultados que se presentan y discuten en el trabajo, corresponden a la media de tres evaluaciones. El análisis de varianza establece diferencias altamente significativas en todas las variables de respuesta y para los dos factores en estudio. La variable rendimiento de materia seca fracción gruesa fue la única que resultó significativa para la interacción de los dos factores.

3.1. Leguminosas forrajeras arbustivas

Según la prueba de Rango Múltiple de Duncan, la especie *C. calothyrsus* con una producción de 571.4 g/planta de **materia seca fracción fina** (parte comestible por los animales) supera significativamente a las especies *C. argentea* y *G. sepium*, lo que confirma la buena adaptación de la leguminosa forrajera *C. argentea* a las condiciones edafoclimáticas del trópico húmedo de Cochabamba, al respecto, estudios realizados por Quispe (1998), indican que esta especie ha demostrado tener gran adaptación a condiciones climáticas y edáficas del trópico húmedo cochabambino, principalmente a condiciones de acidez de los suelos.

Para el rendimiento de **materia seca fracción gruesa** de las leguminosas forrajeras en estudio, la prueba de Duncan (cuadro 2) reporta diferencias estadísticas. Así *C. calothyrsus* supera significativamente a *G. sepium* y *C. argentea* en producción de biomasa leñosa, lo cual se puede explicar por el vigoroso rebrote de las ramas de esta especie. De las tres especies en estudio, *C. argentea* es la que produce menor materia de fracción gruesa, esto debido al tipo de ramas que emiten, semivolubles y delgadas que caracterizan a esta especie.

La **relación fracción fina/fracción gruesa** en base seca, según la prueba de Duncan, *C. argentea* supera con diferencias significativas a las leguminosas *G. sepium* y *C. calothyrsus*. Este atributo forrajero se explica por las características morfológicas propias de la especie la cual presenta hojas trifoliadas de gran tamaño en comparación a las otras dos especies. El mayor tamaño de hojas asociada a la menor formación de materia seca de la fracción gruesa, hacen de esta especie una alternativa de utilización forrajera importante para la produc-

ción animal del trópico húmedo de Cochabamba.

En lo que respecta al **número de ramas por planta** la prueba de Duncan establece que la especie *C. argentea* supera con diferencias significativas a las otras dos especies en estudio. Esta diferencia se debe al desarrollo morfológico de esta especie que tiene la particularidad de emitir rebrotes desde la base del tallo. Según Sobrinho y Nunes (1995), el hábito de crecimiento de *C. argentea* es arbustivo en formaciones vegetales abiertas, pero puede convertirse en liana de tipo voluble cuando esta asociada con plantas de porte mayor. La especie ramifica desde la base del tallo y se han encontrado hasta 11 ramas en plantas que tienen entre 1.5 y 3 metros de altura (Maass, 1995).

3.2. Niveles de roca fosfórica

En el cuadro 3 se puede advertir el efecto positivo de la roca fosfórica en el rendimiento de materia seca en ambas fracciones (fina y gruesa). En el rendimiento de la **fracción fina**, con el nivel de 800 kg/ha se logra producir 586.3 g/planta con diferencias significativas al nivel de 400 kg/ha y al testigo, no existiendo diferencias estadísticas entre estas últimas.

Para el rendimiento de la **fracción gruesa** con el nivel de 800 kg/ha de roca fosfórica se logra la mayor producción de materia seca, significativamente superior al nivel de 400 kg/ha y este a su vez supera estadísticamente

al testigo; similar respuesta encontró Gonzáles, (1999) al estudiar en la misma región, el efecto de la aplicación de roca fosfórica en *C. calothyrsus* en siembras de doble surco distanciados cada 5 m, sin embargo, el efecto fue mas marcado en la fracción fina que en la fracción gruesa discrepando con los resultados del presente trabajo, lo que posiblemente se atribuya al número de especies estudiadas (tres) en el presente trabajo. En cuanto a la variable número de ramas por planta, según la prueba de Duncan, (cuadro3), se tiene diferencias estadísticas significativas como efecto de la aplicación de roca fosfórica en las especies estudiadas frente al testigo. Sobre el particular, Brady (1974), indica que el fósforo estimula la división celular, aspecto que posiblemente explica el porque de un mayor número de ramas en plantas que reciben fertilización fosforada.

3.3. Interacción leguminosas arbustivas por niveles de roca fosfórica

La Prueba de Duncan mostró que la interacción de *C. calothyrsus* con el nivel 3 de roca fosfórica (800 kg/ha) supera estadísticamente a las demás interacciones. Desde un punto de vista forrajero, esta característica no es favorable, puesto que es una parte de la planta que no es consumida por el animal. La especie *C. argentea* en interacción con los tres niveles de fertilización es la que reporta menores valores de producción de materia seca de la fracción gruesa lo que indica que posee mejores atributos forrajeros.

Cuadro 2. Promedios de cuatro variables agronómicas de respuesta para tres leguminosas forrajeras arbustivas evaluadas en el Valle del Sacta.

Especies	Rendimiento en base seca de la fracción fina g/planta	Rendimiento en base seca de la fracción gruesa g/planta	Relación fracción fina / fracción gruesa	Número de ramas por planta
<i>G. sepium</i>	412.9 B	386.0 b	1.07 b	9.55 <u>b</u>
<i>C. calothyrsus</i>	571.4 A	542.4 a	1.06 b	9.42 <u>b</u>
<i>Cratylia argentea</i>	471.8 B	201.2 c	2.36 a	19.50 <u>a</u>

Valores con letras diferentes, dentro cada columna, difieren estadísticamente según la Prueba de Duncan ($p \leq 0.05$) para cada variable de respuesta.

Cuadro 3. Promedios de cuatro variables de respuesta agronómica para tres niveles de roca fosfórica evaluados en leguminosas forrajeras arbustivas en el Valle del Sacta.

Niveles de roca fosfórica kg/ha	Rendimiento en base seca de la fracción fina g/planta	Rendimiento en base seca de la fracción gruesa g/planta	Número de ramas por planta
N1 (testigo)	398.9 B	290.6 c	11.33 c
N2 400	470.9 B	365.9 b	12.72 b
N3 800	586.3 A	473.3 a	14.42 a

Valores con letras diferentes, dentro cada columna, difieren estadísticamente según la Prueba de Duncan ($p \leq 0.05$) para cada variable de respuesta.

4. Conclusiones

- La leguminosa arbustiva forrajera *C. calothyrsus* supera estadísticamente en producción de materia seca de fracción y fracción gruesa a *C. argentea* y *G. sepium*, confirmando su potencial como arbusto forrajero para el trópico húmedo. Asimismo, esta especie se destaca por presentar una buena relación fracción fina/fracción gruesa, duplicando a las otras dos leguminosa en estudio, lo que le confiere un gran potencial para la alimentación animal, puesto que produce muchas más hojas que tallos, siendo en las hojas donde se encuentra la mayor proporción de nutrientes.
- La aplicación de roca fosfórica tiene un efecto positivo en el rendimiento de forraje en las leguminosas en estudio, así con el nivel de 800 kg/ha se produce significativamente más materia seca de fracción fina y fracción gruesa con relación al nivel de 400 kg/ha y al testigo.
- El número de ramas por planta esta influenciado tanto por la especie como por el nivel de fertilización con roca fosfórica. La especie que presenta significativamente mayor número de ramas por planta es *C. argentea*, y el rendimiento alcanzado con los dos niveles de aplicación de roca fosfórica superan significativamente al testigo.
- Debido al potencial forrajero que muestran las especies en estudio se sugiere que las futuras investigaciones deben estar dirigidas a la utilización del forraje producido,

con animales en pastoreo directo o en suplementación bajo el sistema corte acarreo, estas pruebas son necesarias para evaluar el verdadero potencial forrajero de estas especies.

Referencias

- Brady, N. 1974. Naturaleza y propiedades de los suelos. Información técnico científica de la agropecuaria boliviana (Bolivia).
- González, N. 1999. Efecto de la aplicación de roca fosfórica en la producción de *Calliandra calothyrsus* incorporada en potreros de *Brachiaria decumbens*. Tesis Ing. Agr. FCAyP-UMSS. Cochabamba, Bolivia. 78 p.
- Lascano, C., Rincon, A., Plazas, C., Avila, P., Bueno, G. y Argel, P. 2005. Cultivar Veranera (*Cratylia argentea* (Desvaux) O. Kuntze). Leguminosa arbustiva de usos múltiples para zonas con periodos prolongados de sequía en Colombia. Villavencio, Colombia.
- Maass, B. 1995. Evaluación agronómica de *Cratylia argentea* (Devaux) O. Kuntze en Colombia. **En:** Pizarro, E. y Coradin, L. (eds.). Potencial del género *Cratylia* como leguminosas forrajera. EMBRAPA, CENARGEN, CPAC y CIAT. Memorias del taller sobre *Cratylia*, realizado el 19 y 20 de julio 1995. Brasilia, Brasil.
- Quispe, F. 1998. Efecto de la roca fosfórica en el establecimiento de *Calliandra calothyrsus* en pasturas productivas de *Brachiaria decumbens* en el trópico húmedo de Cochabamba. Tesis Ing. Agr. FCAyP-UMSS. Cochabamba, Bolivia. 82 p.
- Sobrinho, J., Nunes, M. 1995. Estudos desenvolvidos pela Empresa Goiania de Pesquisa Agropecuaria com *Cratylia argentea*. **En:** Pizarro, E. y Coradin, L. (eds.). Potencial del género *Cratylia* como leguminosas forrajera. EMBRAPA, CENARGEN, CPAC y CIAT. Memorias del taller sobre *Cratylia*, realizado el 19 y 20 de julio 1995. Brasilia, Brasil.



Calliandra calothyrsus en callejones en el Valle del Sacta.

A la izquierda con cultivo de frijol en el centro de la calle de 5 m de ancho, al centro con cultivo de arroz. En un kilogramo de semilla se tiene una media de 21500 semillas.



Cratylia argentea en el ensayo con roca fosfórica en el Valle del Sacta.

A la izquierda iniciando la poda a 1 m de altura del nivel del suelo, para utilizar la biomasa como fuente proteica en la alimentación de bovinos. Al centro, la flor de esta especie.

En un kilogramo de semilla se tiene una media de 5170 semillas.



A la izquierda, pleno rebrote de *Glicidia sepium* en condiciones del Valle del Sacta.

Al centro, inicio de la poda en callejones con arroz como cultivo acompañante.

Arriba derecha flor de esta especie. En un kilogramo de semilla se tiene una media de 8360 semillas.

Persistencia y producción de forraje de once cultivares de alfalfa evaluados durante nueve ciclos agrícolas en el Altiplano Central de Oruro

Ruddy Meneses¹, Hernán Campos¹, Ermino Barrientos², Reynaldo Siñani³, Moises Felipez⁴,
Franz Gutiérrez¹, José Espinoza¹, Rodrigo Rodríguez¹

¹ Investigadores CIF "La Violeta"-UMSS, ² Investigador CEAC-UTO
³ Tesista FCAPyV-UTO, ⁴ Ex Tesista del CIF

Resumen

En el Altiplano Central de Oruro, en 1998 en terrenos del CEAC, se estableció un ensayo regional para evaluar la capacidad productiva y persistencia de 11 cultivares de alfalfa. Se evaluó en una primera fase durante los 3 primeros ciclos agrícolas y luego en una fase 2, a partir del ciclo agrícola 2004-2005. Las tendencias productivas se mantuvieron similares en la fase 1. Para la fase 2 (a más de 6 años de la siembra), el análisis de varianza, destaca al cultivar Ranger. Los cultivares generados por el CIF y comercializados por SEFO (entre los que destacan UMSS 2001, Altiplano y Valador) mantienen niveles productivos expectables, constantes y donde su precocidad y capacidad de rebrote, entre cortes dentro un mismo ciclo agrícola, son características relevantes. Así, a 9 años de la siembra, se ve que hay opciones frente al tradicional cv. Ranger. Sin embargo es evidente la superioridad de este material pero del cual, lamentablemente, ya no llega semilla garantizada a nuestros mercados. En términos de persistencia, el ritmo de producción de forraje no ha sufrido decremento y por el contrario tiende a la estabilidad e incremento de su capacidad productiva, salvo en los cultivares Riviera y Tamborada que muestran una fuerte tendencia negativa sostenida en su producción. No se evidencia una sólida relación entre el decremento de población (que llegó al 79% entre el año 2 al año 8 pos siembra) y el rendimiento en forraje, ya que con poblaciones cercanas a 100 plantas/m², se tiene rendimientos similares a los que se obtienen con poblaciones de más de 400 plantas/m². A la fecha el CIF tiene en fases avanzadas de selección un material generado a partir de la variedad Ranger original (importada por SEFO hasta el año 1997) con capacidad de producción semillera aceptable; se espera liberar este material hasta el año siguiente.

1. Introducción

La alfalfa (*Medicago sativa* L.) es la principal especie forrajera para el altiplano de Bolivia, zona de gran potencial para la lechería bovina y que tiene en esta leguminosa a una aliada estratégica dado el potencial de producción que tiene y la calidad que ofrece.

Dos de los parámetros más importantes para la selección de nuevas variedades de alfalfa es el rendimiento en términos de materia seca y la persistencia. De ahí que el CIF "La Violeta" viene obteniendo nuevos cultivares de esta especie con una gran variabilidad genética, lo que obliga a ejecutar ensayos regionales, con el fin de seleccionar material cualitativa y cuantitativamente superior a otro ya catalogado como promisorio en pruebas precedentes (Lazarte *et al.* 1997).

El trabajo reporta los resultados de un ensayo con once cultivares de alfalfa en el Altiplano Central de Oruro fruto de un convenio entre el Programa de Desarrollo Lechero del Altiplano (PDLA), el Centro de Investigación en Forrajes "La Violeta", la Empresa de Semillas Forrajeras SEFO-SAM, todo con el apoyo del Proyecto Rhizobiología y del Centro Experimental Agropecuario Condoriri (CEAC) de la Universidad Técnica de Oruro (UTO).

El ensayo se sembró en el CEAC el 27 de enero de 1998. El CIF con apoyo del Proyecto AgroLeg primero y SEFO después, mantiene las evaluaciones del ensayo hasta la fecha, teniéndose ya nueve ciclos agrícolas de producción de estos materiales. El presente artículo abarca la evaluación productiva en estos nueve ciclos agrícolas.

Uno de los principales objetivos de este ensayo fue evaluar la producción y persistencia de los cultivares generados por el CIF y comercializados por SEFO, frente al cultivar Ranger, que se caracteriza por su gran tradición, persistencia y buena adaptación productiva en condiciones del altiplano. Debe dejarse claro que el cv. Ranger sembrado en el ensayo provino de la última importación que hizo SEFO de este cultivar desde los Estados Unidos. A partir del año 1997, SEFO dejó de importar esta variedad dado el encarecimiento de costos debido a su importación directa. Lamentablemente, a la fecha -en los mercados informales del altiplano de Oruro, Potosí y La Paz- si bien se encuentra esta variedad, la semilla de la misma no pasa por ningún tipo de control ni mucho menos certificación, poniéndose en tela de juicio la real calidad de la semilla ya que no se tiene la plena certeza que se trate realmente del cultivar Ranger.

Informes preliminares de este ensayo, en su idea original (riego, fósforo y cultivares) se los encuentra en CIF-PDLA-SEFO (2000); Meneses y Barrientos (2003); Meneses (2003); Campos (2004) y Siñani (en prensa).

2. Materiales y métodos

El CEAC se halla ubicado a 50 km al norte de la ciudad de Oruro y 12 km al noreste de la localidad de Caracollo, a una altura de 3830 msnm, en los paralelos: 17°31'41" de latitud sur y 67° 14' 02" de longitud oeste. Políticamente se encuentra en el municipio de Caracollo, capital de la provincia Cercado del departamento de Oruro.

La siembra se la realizó en parcelas de 5 m de largo por 1.6 m de ancho (8 surcos distanciados a 0.20 m), en forma manual y a chorro continuo con una densidad de siembra de 25 kg/ha. En todo el ensayo, previo a la siembra, la semilla fue inoculada con bacterias de *Rhizobium* utilizando el inoculante N₂ ®.

Los primeros años del cultivo (hasta febrero del año 2001) se aplicó riego por inundación a requerimiento del cultivo, principalmente en la parcela que recibía este tratamiento. A partir del año agrícola 2001-2002, se eliminó el factor riego y éste se lo hizo en toda la parcela cuando había la necesidad en el cultivo y disponibilidad de agua en él área de trabajo. Asimismo, se fertilizó a un nivel de 20 kg/ha de fósforo elemental en dos ocasiones y en ninguna de ellas hubo respuesta a esta práctica (CIF-PDLA-SEFO 2000; Meneses 2003; Campos 2004). A partir del año 2000 se anuló este factor dándose las mismas condiciones a todas las parcelas del ensayo.

Los datos que se consignan en el presente artículo corresponden al bloque que recibía riego (para los primeros 7 cortes). A partir del corte 8 (16-12-2004) todas las evaluaciones se realizaron en el bloque que originalmente estaba bajo el tratamiento sin riego, pero -valga la reiteración- el factor riego se eliminó a partir del ciclo agrícola 2001-2002. Por lo tanto, este documento describe solo al factor cultivares, centrando su enfoque en aspectos de producción y persistencia de los materiales en estudio. La evaluación estadística se adaptó a un diseño de Bloques Completos al Azar con 11 tratamientos en 6 réplicas. El siguiente cuadro detalla los cultivares evaluados.

Cuadro 1. Germoplasma de alfalfa utilizado en el ensayo y su procedencia.¹

Cultivar	Procedencia
Africana	EEUU, seleccionado por el CIF
Ranger	Importado de EE.UU. por SEFO
Moapa	EEUU, seleccionado por el CIF
Valador	EEUU, seleccionado por el CIF
Tamborada	Seleccionado por el CIF
REPAAN	Obtenido por cruzas, por el CIF
Altiplano	Obtenido por cruzas, por el CIF
Pampaflo	Importado de la Argentina
Bolivia 2000	Obtenido por el CIF
UMSS 2001	Obtenido por el CIF
Riviera	Seleccionado por el CIF y SEFO

¹ Para mayor detalle descriptivo de la mayoría del germoplasma utilizado, referir a CIF-SEFO (2002)

Este reporte se basa en dos aspectos para evaluar la persistencia de los cultivares:

- **Producción de forraje en base seca:** En base a 14 cortes productivos a partir del ciclo agrícola 1998-1999. Se considera dos fases: la primera con el promedio de los primeros 7 cortes continuos de los primeros 3 ciclos agrícolas y una fase 2 con 7 evaluaciones a partir del año 2004.
- **Población:** En base a dos evaluaciones del número de plantas por unidad de superficie, la primera efectuada antes del invierno del año 2000 y la segunda seis años después, antes del invierno del año 2006.

El cuadro 2 precisa los cortes efectuados y en los que se basa el presente artículo.

Cuadro 2. Número, fechas y referencia de información para 14 cortes de evaluación de producción de forraje, en 11 cultivares de alfalfa en el CEAC (1998 a 2007).

Número de corte	Fecha del la evaluación	Referencias
C 1	17-11-1998	(1); (2)
C 2	06-01-1999	(1); (2)
C 3	31-04-1999	(1); (2)
C 4	23-11-1999	(1); (2)
C 5	29-02-2000	(1); (2)
C 6	24-04-2000	(1); (2)
C 7	22-02-2001	(2)
C 8	16-12-2004	(3)
C 9	25-02-2005	(3)
C 10	17-11-2005	(4)
C 11	28-01-2006	(4)
C 12	03-04-2006	(4)
C 13	24-11-2006	(5)
C 14	07-02-2007	(5)

Fecha de siembra: 27 de enero de 1998.

- (1): CIF-PDLA-SEFO (2000).
- (2): Campos (2004).
- (3): Proyecto AgroLeg (información interna).
- (4): Siñani (en prensa).
- (5): CIF-SEFO (información interna).

El cuadro 2 no registra datos de los ciclos agrícolas 2001-2002, 2002-2003 y 2003-2004, ya que durante este periodo el ensayo se dejó a manejo propio del CEAC para producción de forraje, sin evaluar los materiales, salvo en el periodo 2001-2002, periodo en el cual se realizó un ensayo con biofertilizantes donde se obtuvo un promedio de 3790 kg/ha en base seca en un corte realizado el 22 de mayo de 2002. Para mayor información de este ensayo referir a Vacaflores (2002) y Meneses y Barrientos (2003).

En cuanto a condiciones climáticas en el CEAC, los cuadros 3 y 4 ilustran las mismas, con datos promedio de 7 gestiones.

Finalmente, los suelos del CEAC son de origen aluvial y coluvial, con texturas franco, franco arenoso y franco arcilloso. Está formado por elementos minerales y orgánicos, transportados por las corrientes de agua a las partes bajas. Destaca el sector paralelo al río, formando un cañadón de norte a sur, donde se tiene implantada una gran parte de las pasturas cultivadas, en especial alfalfares (Mamani, 2003). El cuadro 5 da información completa del suelo en el CEAC, en base a 10 análisis representativos de toda el área productiva de esta unidad de la UTO. Si bien son análisis no precisamente del lugar exacto del ensayo, tienen su validez en términos de llegar a valores promedio que reflejan las características del suelo predominante en el CEAC (Mamani, 2003).

Debe aclararse que por las limitaciones climáticas prevalentes en el altiplano, de manera general en alfalfa solo se puede esperar un máximo de 3 cortes por año, entre los meses de septiembre a abril. El resto del año, por efecto de las bajas temperaturas y heladas, la producción se ve seriamente restringida.

Cuadro 3. Resumen histórico de temperaturas mensuales en el CEAC (periodo 1994-2000).

Meses	Temp. media °C	Temp. máxima °C	Temp. mínima °C	Temp. máxima extrema °C	Temp. mínima extrema °C
Julio	1.7	14.9	-11.5	17.5	-14.0
Agosto	3.9	14.8	-7.1	18.0	-12.0
Septiembre	5.9	14.5	-2.7	20.5	-13.5
Octubre	8.0	18.2	-2.3	22.0	-7.0
Noviembre	9.5	18.7	0.3	20.0	-6.0
Diciembre	11.6	19.0	4.2	23.0	-2.0
Enero	11.9	18.2	5.5	21.5	1.5
Febrero	10.7	16.1	5.3	21.0	0.0
Marzo	11.5	18.6	4.5	23.0	0.0
Abril	8.5	17.0	0.0	21.0	-7.5
Mayo	3.9	13.2	-5.4	20.0	-11.0
Junio	4.5	13.6	-4.6	19.0	-12.0

Cuadro 4. Resumen histórico de precipitación pluvial, evaporación, humedad relativa y ocurrencia de heladas, por mes, en el CEAC (periodo 1994-2000).

Meses	Precipitación mm	Evaporación mm	Humedad %	Días con heladas
Julio	6.1	3.2	29	29
Agosto	8.5	4.8	32	20
Septiembre	19.3	5.2	34	10
Octubre	14.8	6.2	37	11
Noviembre	42.9	4.2	41	5
Diciembre	56.0	3.7	50	1
Enero	43.1	3.2	62	0
Febrero	74.9	4.1	59	0
Marzo	37.2	4.8	55	0
Abril	18.3	4.3	44	11
Mayo	7.1	4.1	38	29
Junio	8.9	3.7	40	18
Total / Promedio	337.0	52.0	43	134

Cuadro 5. Características químicas y físicas predominantes, en los suelos en el CEAC - Promedio de 10 observaciones y desviación promedio del valor.

Características químicas						
	pH	CE mmhos/cm	MO %	N %	P ppm	K meq/ 100 g suelo
Valor promedio	7.51	0.18	2.64	0.13	14.7	1.02
Desv. prom.	0.589	0.054	0.978	0.047	8.832	0.502
Características físicas						
	Da (g/cc)	% Arena	% Limo	% Arcilla	Textura	
Valor promedio	1.33	42	40	18	FA - FL	
Desv. prom.	0.11	12.8	8.02	5.5		

Fuente para los tres cuadros: Adaptado de Mamani, 2003 (en base a datos de SENAMHI y CEAC, 2000).

3. Resultados y discusión

Una vez verificado el tipo de distribución de los datos, los cuales se ajustaron -en todos los casos- a una distribución normal (en base al Coeficiente de Shapiro-Wilk), se analizó tanto el rendimiento en forraje como el número de plantas por unidad de superficie, en el entendido que estos dos parámetros reflejan la persistencia de los cultivares en evaluación.

3.1. Producción de forraje en base seca

Esta variable se la evaluó dividiendo los 14 cortes evaluados en dos fases, una primera fase que abarca los tres primeros ciclos agrícolas después de la siembra y una segunda fase que estuvo separada de la primera por casi 4 años, tiempo en el cual no se realizó evaluaciones productivas completas del ensayo.

a) Rendimiento promedio para los 14 cortes y las 11 variedades

Como base de trabajo, el cuadro 6 presenta la información completa de todos los cortes realizados en la fase 1 y 2.

Destaca la falta de diferencias significativas en el rendimiento en forraje entre los cultivares en la fase 1, evidenciándose el potencial de las variedades en comparación al tradicional cv. Ranger.

Sin embargo, ya a partir del primer corte de la fase 2 (después de más de 6 años de la siembra) el cv. Ranger se muestra como el más productivo con diferencias significativas sobre el resto de las variedades, salvo en los cortes 9 y 10 donde no hay significancia en el análisis de varianza en el que se basa este trabajo. Los cultivares Riviera y Tamborada tienden consistentemente a mostrarse como los menos productivos.

La figura 1 muestra una estabilidad de producción a lo largo de los 14 cortes evaluados. Es relevante el nivel productivo que alcanza la alfalfa en las condiciones del ensayo ya que se tiene una media superior a las 5 t/ha/corte en base seca. En la parcela de trabajo, se demostró que es posible realizar hasta 3 cortes por ciclo agrícola, iniciando a fines de primavera y abarcando todo el verano y llegando hasta fines del otoño, sin que esto cause desmedro a la producción forrajera del alfalfar.

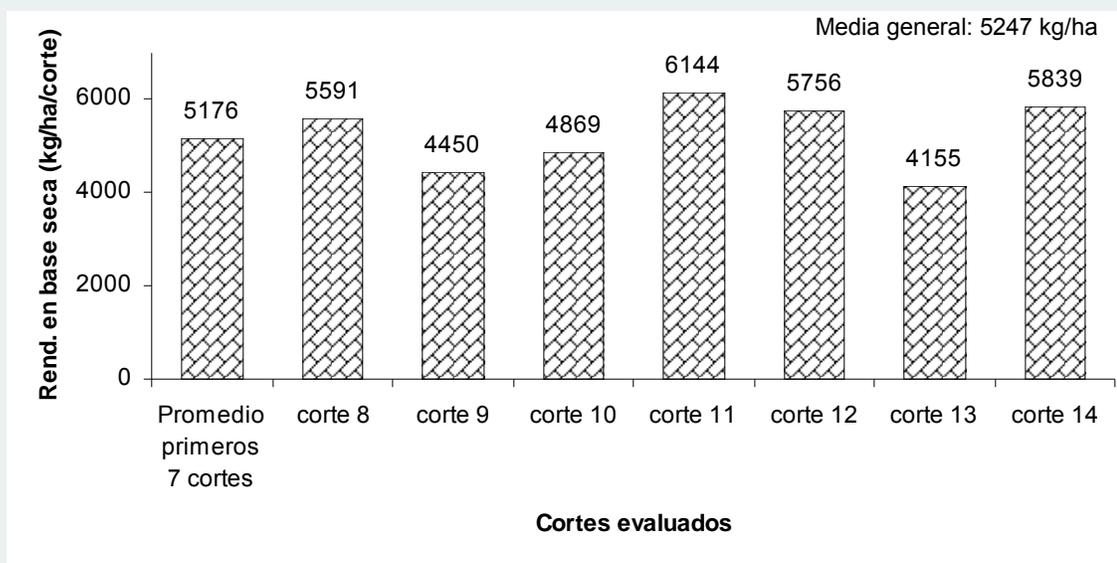


Figura 1. Rendimiento promedio en forraje, en base seca, para 14 cortes en el CEAC. Promedio de 11 cultivares de alfalfa, manejados durante nueve ciclos agrícolas productivos.

Cuadro 6. Rendimiento promedio en forraje en base seca, para 11 cultivares de alfalfa, evaluados en 14 ocasiones, durante nueve ciclos agrícolas en el CEAC. Significancia y coeficiente de variación (CV) del análisis de varianza para cada corte.

Cultivares	Fase 1 ^(a)		Fase 2 ^(a)													
	Promedio de 7 cortes ^(b)		Corte 8 16-12-04	Corte 9 25-02-05	Corte 10 17-11-05	Corte 11 28-01-06	Corte 12 03-04-06	Corte 13 24-11-06	Corte 14 07-02-07							
Africana	5347	ab	5916	ab	3783	a	4669	b	6034	abc	5445	c	4020	b	5547	ab
Altiplano	5170	ab	5558	b	4463	a	4970	ab	6468	abc	6017	abc	4420	bc	5858	ab
Bolivia 2000	4819	b	5506	b	4546	a	4407	b	5864	bc	5864	abc	3724	B	6374	a
Moapa	5109	ab	5326	bc	4389	a	4888	ab	5808	bc	5503	bc	4131	b	5341	ab
Pampaflo	5119	ab	5838	b	4735	a	5025	ab	6704	ab	5658	abc	4456	b	6026	a
Ranger	5521	a	6725	a	4727	a	5769	a	6775	ab	5461	c	5403	a	6239	a
REPAAN	5394	ab	5865	b	4459	a	4445	b	5859	bc	5897	abc	4261	b	6298	a
Riviera	4782	b	5173	bc	4407	a	4711	ab	5639	c	5378	c	3877	bc	5498	ab
Tamborada	5115	ab	4476	c	4165	a	4358	b	5517	c	5333	c	3166	c	4848	b
UMSS 2001	5239	ab	5598	b	4992	a	5151	ab	6970	a	6314	ab	4364	b	6007	a
Valador	5321	ab	5519	b	4282	a	5164	ab	5948	bc	6449	a	3882	bc	6190	a
Significancia del análisis de varianza (Prueba de F)	ns		**	ns	ns	**	*	**	*	**	*	**	**	**	*	*
Coeficiente de variación (%)	8.94		12.51	24.28	16.59	12.08	10.95	13.90	14.30							

****** Altamente significativo ($p \leq 0.01$) en la Prueba de F; ***** significativo ($p \leq 0.05$); **ns** no significativo. Valores con letras diferentes, para cada corte, difieren estadísticamente según la Prueba de Duncan ($p \leq 0.05$).

^(a) La fase 1 abarca los siete primeros cortes productivos, desde el año de la siembra (1998) hasta febrero del año 2001. La fase 2 implica el reinicio de las evaluaciones, iniciando en el ciclo agrícola 2004-2005 hasta llegar al ciclo 2006-2007. Se estima realizar una evaluación más en el presente año agrícola.

^(b) Los valores son datos promedio de los primeros siete cortes del ensayo, correspondientes a las fechas: 17 de noviembre de 1998, 6 de enero de 1999, 31 de abril de 1999, 23 de noviembre de 1999, 29 de febrero de 2000, 24 de abril de 2000 y 22 de febrero de 2001, respectivamente (referir al cuadro 2 para datos complementarios). Estos 7 cortes han sido analizados por Campos (2004); debe aclararse que los datos ahora utilizados solo corresponden al bloque que recibía riego durante el tiempo de su ejecución.

La figura 2 permite confirmar el potencial de las variedades Ranger y UMSS 2001 al cabo de nueve años de producción con 14 cortes evaluados. El análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas y la Prueba de Duncan discrimina a estas dos variedades del resto del germoplasma. La variedad Tamborada es la que se ve más afectada en su producción al igual que la variedad Riviera. En el caso de la primera, es una variedad precoz que si bien rebrota rápidamente después del corte, esta rapidez va en desmedro de su sostenibilidad productiva. En el caso de Riviera, es una de las variedades más antiguas que se tiene y que por lo visto ya tiene manifiestas ciertas limitaciones productivas.

El cv. Tamborada fue obtenido por el CIF, a través de selección fenotípica de la variedad Africana con características de precocidad. Riviera fue seleccionada por SEFO a partir del ecotipo "San Juanina" que se cultiva desde la época de la colonia, al sud de Bolivia. El cv. UMSS 2001 se liberó el año 1991 y es el resultado de cruzamientos múltiples, a partir de variedades consideradas como prioritarias para Bolivia (CIF-SEFO, 2002).

El rendimiento medio alcanzado en el ensayo, al cabo de 9 ciclos agrícolas, se considera bastante elevado y que refleja el adecuado manejo del alfalar (mínimo pastoreo) y las sobresalientes condiciones edáficas y microclimáticas en el CEAC, en comparación a otras zonas donde se probó este mismo germoplasma de manera paralela al presente ensayo (Atahuachi, 2001) donde al cabo de los dos primeros años de producción, en Huayrocondo se tuvo una media de 2428 kg/ha y en Patacamaya 1369 kg MS/ha, en parcelas bajo riego

Asumiendo los tres cortes por año en el caso del CEAC, el rendimiento estaría llegando a las 15 t MS/ha/año, rendimiento por demás sobresaliente si se considera el potencial de producción de esta leguminosa forrajera, el cual según señalan Cook *et al.* (2005) llega bajo irrigación a un máximo de 25 a 27 t MS/ha/año en el primer año, bajando a rendimientos de entre 8 a 15 tMS/ha/año al tercer año de desarrollo. Los datos encontrados en el ensayo son comparables con rendimientos que Soto (2000) reporta para la zona central de Chile, con valores medios de 16 t MS/ha/año.

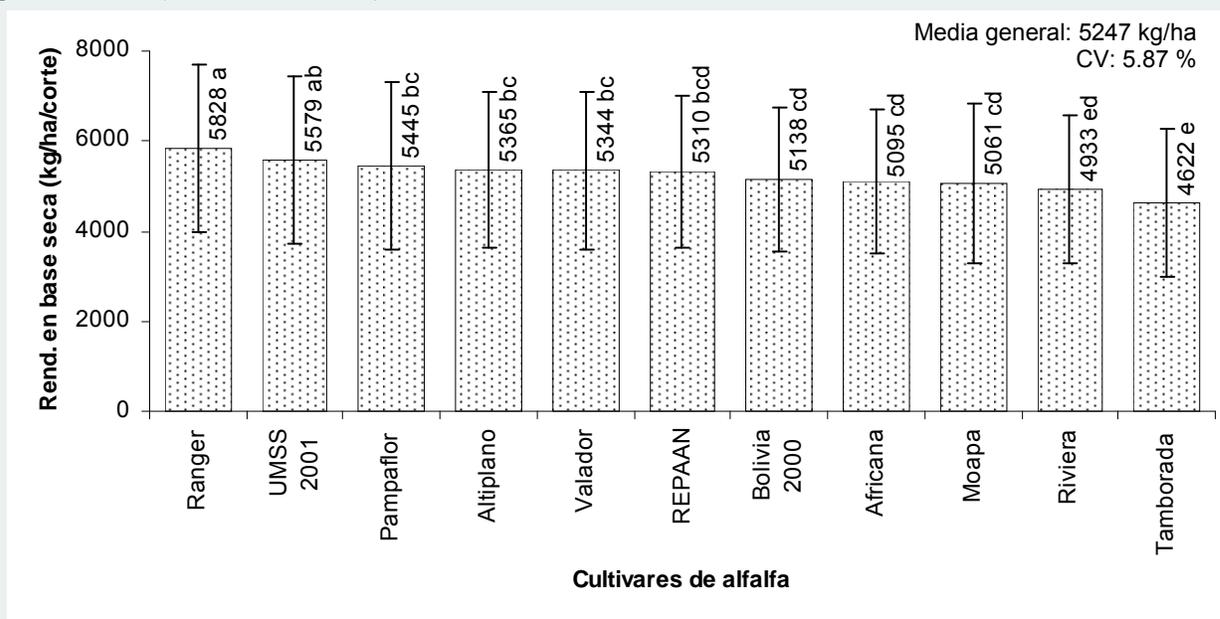


Figura 2. Rendimiento promedio en forraje, en base seca, para 11 cultivares de alfalfa en el CEAC. Promedio de 14 cortes durante nueve ciclos agrícolas productivos.

Valores con letras diferentes, difieren estadísticamente según la Prueba de Duncan ($p \leq 0.05$) (Las líneas sobre las barras corresponden a la desviación estándar de la media para cada cultivar)

b) Rendimiento del último corte

Al cabo de nueve ciclos agrícolas, la última evaluación realizada en el CEAC (el 7 de febrero de 2007) mostró diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre los once cultivares (figura 3). Destacan la mayoría de los cultivares con rendimientos mayores a las 6 t MS/ha. El cv. Tamborada nuevamente refleja limitaciones productivas.

Se debe aclarar que este corte es el que mejores condiciones climáticas encuentra, dando lugar a una similar capacidad productiva entre los varios cultivares, aspecto que fue una constante para este corte, el cual en casi todos los años fue el segundo corte del ciclo. Las variedades que se manejan en el CIF y SEFO, dada su precocidad del rebrote, tienden a igualar el potencial del cv. Ranger en este habitual segundo corte anual que se hace (en condiciones del CEAC) aproximadamente a los 2 meses y medio del corte anterior, que es el primero de cada nuevo ciclo agrícola.

Se tiene planificado un corte más para mediados del mes de abril para cerrar este noveno ciclo agrícola (2006-2007).

3.2. Población

La figura 4 presenta los datos para esta variable evaluada en dos oportunidades, a los 2 y a los 8 años después de la siembra.

La primera evaluación de esta variable, realizada a más de dos años de la siembra, en el análisis de varianza mostró diferencias solo numéricas entre los 11 cultivares, con una media de 437 plantas/m² (con un CV de 21.03%).

La segunda evaluación, seis años después de la anterior (en el año 2006), mostró un decremento promedio de 79% en la población, llegando a una media de 85 plantas/m², con diferencias altamente significati-

vas entre los cultivares (el análisis de varianza tuvo un CV de 26.21%). Así se destacó el cv. Pampaflor que llegó al octavo año de desarrollo con más de 130 plantas/m². Los cv. Tamborada y Valador fueron los que mayor decremento tuvieron, llegando solo a poco más de 60 plantas/m².

Atahuachi (2001), trabajando con el mismo germoplasma del presente ensayo, en dos localidades del Altiplano de La Paz y en el mismo periodo de tiempo, al año y medio de la siembra, encontró poblaciones muy por debajo de las encontradas en el CEAC en la primera evaluación realizada (a los dos años de la siembra). Así en Patacamaya, en promedio, solo se llegó a 76 plantas/m². En Huayrocondo (zona con alta humedad y de mejores condiciones edáficas y climáticas que Patacamaya), se llegó a 271 plantas/m² como promedio de los 11 cultivares en estudio, teniéndose en ambos casos diferencias significativas entre los cultivares, con extremos que fueron de 115 a 45 plantas/m² en Patacamaya (para Ranger y Tamborada, respectivamente); y de 334 a 206 plantas/m² en Huayrocondo (para Pampaflor y Riviera, respectivamente). Estos valores comparados con los obtenidos en el CEAC (promedio de 437 plantas/m²) son un reflejo de las condiciones de los diferentes sitios donde se sembró el ensayo, por un lado muy buenas en el CEAC y las extremas en el caso de Patacamaya.

En términos de decremento poblacional, la figura 5 refleja este parámetro, el cual, en el análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas con un CV de 9.14%, teniendo un promedio de casi 80% de pérdida de población. Debe aclararse que al haberse sembrado 25 kg/ha, en términos de plantas/m² se sembró por cada m², aproximadamente 1000 semillas.

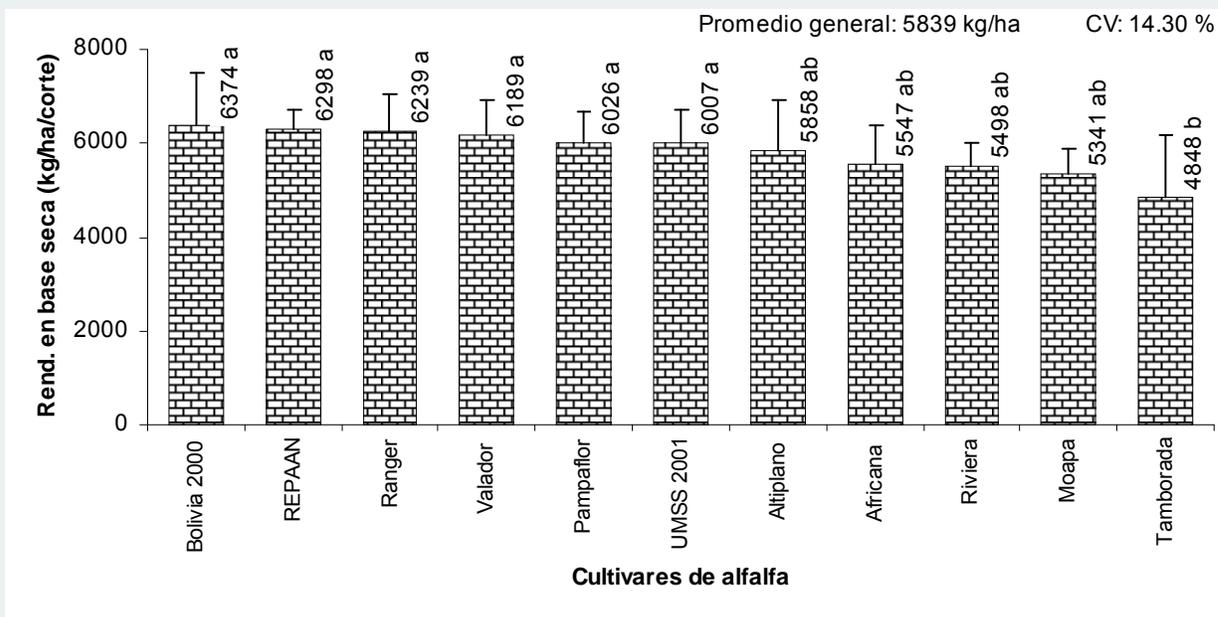


Figura 3. Rendimiento en forraje, en base seca, para una evaluación a nueve años de la siembra, en 11 cultivares de alfalfa en el CEAC. Corte del 7 de febrero de 2007 (fecha de siembra del ensayo: 27 de enero de 1998).

Valores con letras diferentes, difieren estadísticamente según la Prueba de Duncan ($p \leq 0.05$)
 (Las líneas sobre las barras corresponden a la desviación estándar de la media para cada cultivar)

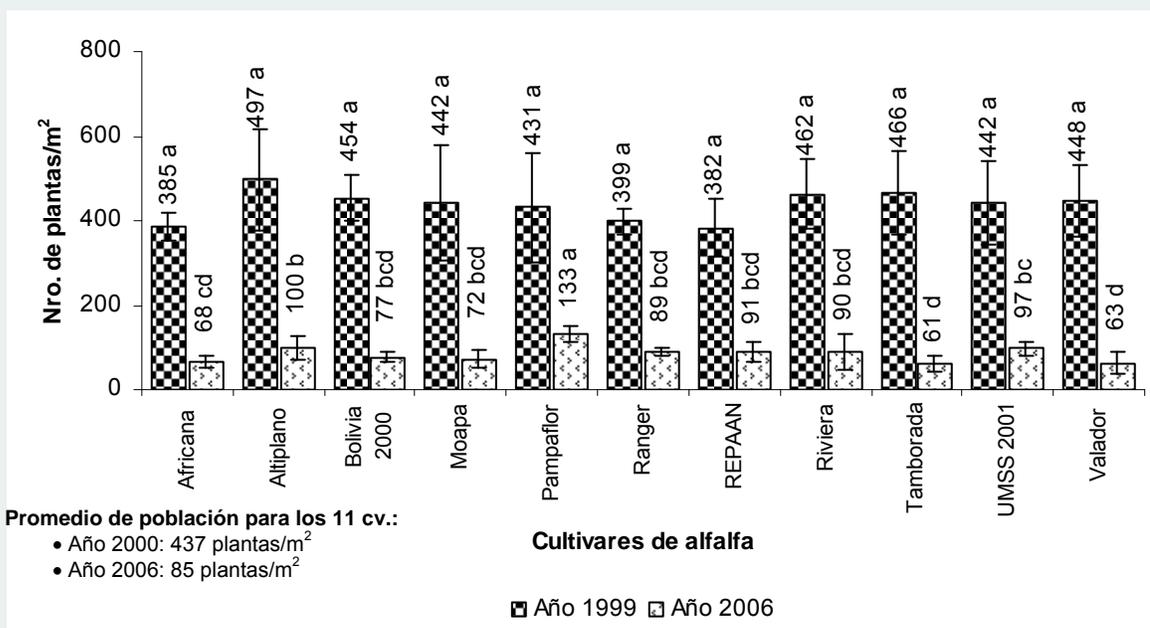


Figura 4. Número de plantas por unidad de superficie, para 11 cultivares de alfalfa en el CEAC. Lecturas en los años 2000 y 2006, respectivamente a un y ocho años de la siembra.

Valores con letras diferentes, para cada año de evaluación, difieren estadísticamente según la Prueba de Duncan ($p \leq 0.05$)
 (Las líneas sobre las barras corresponden a la desviación estándar de la media para cada cultivar, para cada año)

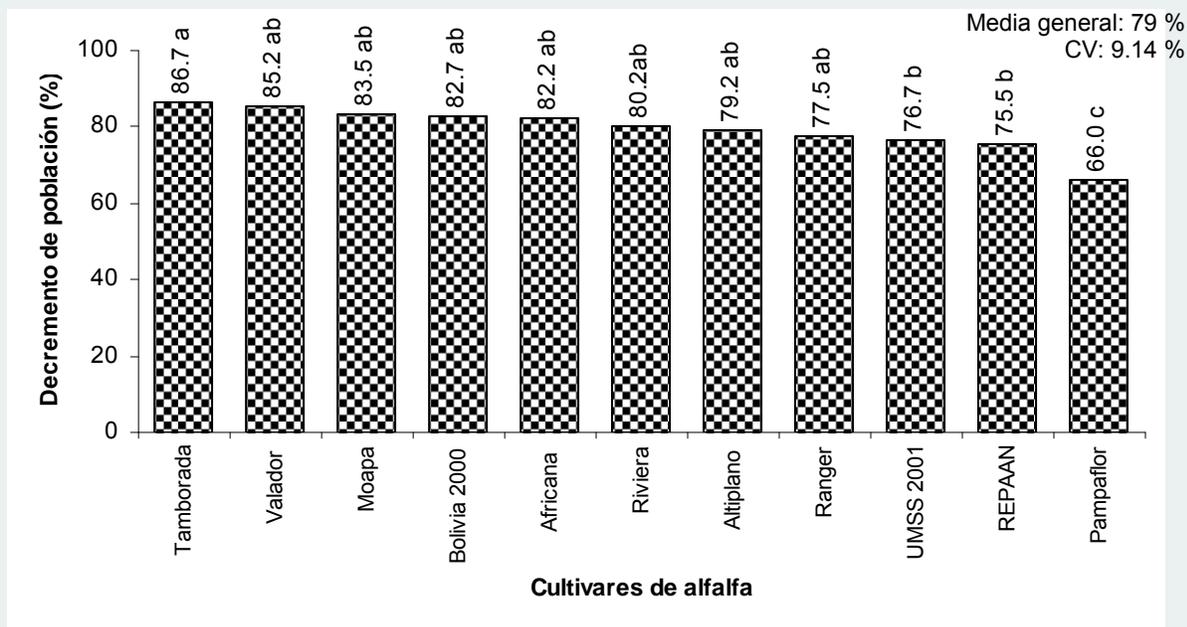
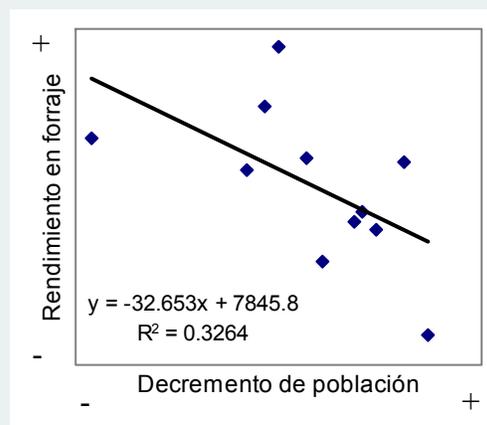
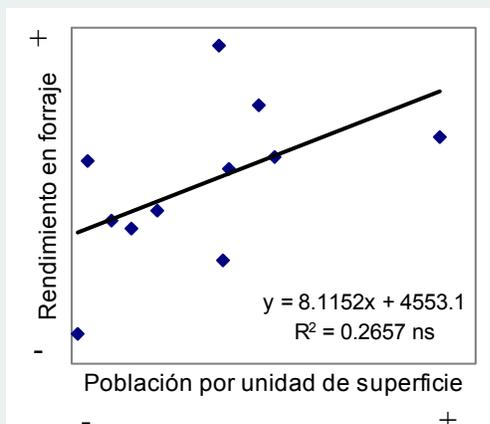


Figura 5. Decremento de población en porcentaje, para 11 cultivares de alfalfa en el CEAC, con nueve años de persistencia.

Valores con letras diferentes, para cada año de evaluación, difieren estadísticamente según la Prueba de Duncan ($p \leq 0.05$)

Si bien la reducción es bastante drástica al cabo de 9 años de desarrollo, esta no se refleja afectando negativamente el rendimiento de las diferentes variedades estudiadas. Esta falta de interacción directa se verifica con las siguientes dos figuras que correlacionan estos dos parámetros y que en el caso del ensayo si bien muestran tendencias que parecen mostrar un grado de efecto de la población y el decremento de la misma sobre el rendimiento, estas tendencias no son significativas.



Al respecto, Undersander *et al.* señalan que la densidad de plantas es un pobre estimador del rendimiento potencial porque una planta individual puede tener muy pequeños brotes y contribuir poco al rendimiento final. Así, la densidad de tallos es el mejor estimador del rendimiento y este puede ser un parámetro para decidir cuando un alfalfar baja su rendimiento. En el ensayo motivo de este artículo, no se registró este parámetro.

Los mismos autores señalan que la alfalfa es muy hábil para producir máximos rendi-

mientos sobre un amplio rango de densidades de tallo y que en términos de población, se espera que una siembra nueva debería tener por lo menos 25 a 30 plantas/pie² al año de siembra, valor equivalente a 270 a 323 plantas/m².

Por su parte, Tesar M. y Marble V. (1998), indican que 140 plantas/m² deberían bastar para producir máximos rendimientos en el segundo año de desarrollo del alfalfar.

4. Conclusiones

Al cabo de una evaluación sostenida durante nueve ciclos agrícolas, se pueden establecer las siguientes conclusiones básicas:

- A la fecha, el CIF “La Violeta” y SEFO, han generado suficiente germoplasma con amplio rango de adaptación, que se constituye en una opción al cultivar Ranger, ya que estos materiales no solo mostraron su capacidad productiva, sino también su persistencia a más de 9 años de establecido el ensayo.
- Si algún cultivar actualmente comercializado en el país (con el cumplimiento de todas las normas de certificación), sobresale de los once cv. evaluados, se debe mencionar a UMSS 2001, Valador y Altiplano. Por el contrario, las variedades Tamborada y Riviera son las que se muestran más fuertemente afectadas en su capacidad productiva.
- El cv. Ranger sobresale al resto. Sin embargo a la fecha no hay un comercio controlado, supervisado ni certificado para esta variedad, encontrándose la misma en los mercados informales del altiplano del país, pero con un nulo margen de seguridad de que realmente sea la semilla que se dice.
- Merced al anterior punto, el CIF tiene previsto el lanzamiento de la variedad RANGER-CIF para el siguiente año. Esta variedad esta generándose merced a varios años de trabajos de selección de plantas de

la original variedad Ranger (procedente de la última importación que hizo SEFO desde USA el año 1997) a partir de criterios ligados a la capacidad de producción de semilla en nuestras condiciones.

- La población de plantas de alfalfa no es un buen estimador del rendimiento de forraje en un alfalfar dado, puesto que esta especie tiene una gran habilidad para mantener una estabilidad de rendimiento en función al macollaje a partir de coronas que crecen continuamente en desmedro del número de plantas por unidad de superficie.
- En función al carácter pratense de la alfalfa, se recomienda mantener vigentes las evaluaciones por un periodo de 5 años más para monitorear rendimiento, número de tallos, población y la incidencia de malezas, plagas y enfermedades que si bien hasta el momento no han representado limitantes, en función al tiempo de desarrollo, pueden constituirse en factores determinantes sobre la capacidad productiva de los materiales en evaluación.
- Los niveles productivos alcanzados en el presente ensayo son por demás destacables y reflejan las bondades de suelo y manejo que se ha dado al ensayo a lo largo de más de nueve ciclos agrícolas en el CEAC.

Referencias

- Atahuachi, V. 2001. Riego y fertilización fosforada en once cultivares de alfalfa en dos zonas del Altiplano Norte del departamento de La Paz. Tesis Ing. Agr. FCA-UMSA. La Paz, Bolivia. 121 p.
- Campos, H. 2004. Riego y fertilización fosforada en la producción de forraje de cultivares de alfalfa en el Valle Central de Cochabamba y Altiplano Central de Oruro. Tesis Ing. Agr. FCAyP-UMSS. Cochabamba, Bolivia. 111 p.
- CIF-PDLA-SEFO. 2000. Factores de establecimiento y potencial de producción de alfalfa en el Altiplano Central y Norte de Bolivia. Una exploración agronómica. Informe de Consultoría 1998-2000. CIF al PDLA. Cochabamba, Bolivia. 56 p. + 63 p. anexos.

- CIF-SEFO. 2002. Descripción de cultivares de alfalfa manejados por el CIF y SEFO. Folleto divulgativo. Serie: Boletines Técnico / Divulgativos Nro. 002-07-03. Cochabamba, Bolivia 24 p.
- Cook, B., Pengelly, B., Brown, S., Donnelly, J., Eagles, D., Franco, M., Hanson, J., Mullen, B., Partridge, I., Peters, M., Schultze-Kraft, R. 2005. Tropical Forages: an interactive selection tool. [CD-ROM], CSIRO, DPI&F(Qld), CIAT and ILRI. Brisbane, Australia.
- Lazarte, L., Meneses, R., Delgadillo, J. 1997. Evaluación de cultivares de alfalfa (*Medicago sativa*) en cuatro localidades del Valle de Cochabamba. Forrajes y Semillas Forrajeras (CIF-UMSS). Vol. IX. Cochabamba, Bolivia. 57 p.
- Mamani, C. 2003. Centro Experimental Agropecuario Condoriri. pp. 137-141. **En:** Meneses, R., Barrientos, E. 2003. Producción de forrajes y leguminosas en el altiplano boliviano. Proyecto AgroLeg (CIAT-CIF-CIFP-SEFO). Cochabamba, Bolivia. 286 p.
- Meneses, R. 2003. Potencial para la producción de alfalfa en el Altiplano Central y Norte de Bolivia. pp. 95-108. **En:** Caro, M., Meneses, R. (eds.). 2003. Fijación Biológica de Nitrógeno, Producción de Leguminosas y Desarrollo Rural en la Zona Andina de Bolivia. Memoria del Taller de Conclusión del Proyecto Rhizobiología Bolivia. Cochabamba, 29 y 30 de noviembre de 2000. Proyecto AgroLeg. Cochabamba, Bolivia. 128 p.
- Meneses, R., Barrientos, E. 2003. Producción de forrajes y leguminosas en el altiplano boliviano. Resumen de experiencias de seis años de trabajo, entre el Centro Experimental Agropecuario Condoriri e instituciones del Fondo Universitario "La Violeta". Proyecto AgroLeg (CIAT-CIF-CIFP-SEFO). Cochabamba, Bolivia. 286 p.
- Siñani, R. s/f. Persistencia de 11 cultivares de alfalfa (*Medicago sativa* L.) en su octavo año de implantación, en el Centro Experimental Agropecuario Condoriri, Oruro-Bolivia. Tesis Ing. Agr. FCAPyV - UTO. En revisión.
- Soto, P. 2000. Variedades de alfalfa para la zona centro sur. pp. 27-38. **En:** Soto, P. (ed.). 2000. Alfalfa en la zona centro sur de Chile. INIA - Ministerio de Agricultura. Centro de Investigación Regional Quilamapu. Chillán, Chile. 265 p.
- Tesar, M., Marble, V. 1988. Alfalfa Establishment. pp. 303-332. **In:** Hanson, A., Barnes, D., Hill, R. (eds.). 1988. Alfalfa and Alfalfa Improvement. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America. Wisconsin, USA. 1084 p.
- Undersander, D., Martín, N., Cosgrove, D., Kelling, K., Schmitt, M., Wedberg, J., Becker, R., Grau, C., Doll, J., Rice, M. 1994. Alfalfa Management Guide. USA. 51 p.
- Vacaflor, E. 2002. Efecto de la aplicación de fertilizante foliar orgánico en la producción de once cultivares de alfalfa en su cuarto año de implantación. Tesis Ing. Agr. FCAPyV - UTO. 106 p.



a) Nevada en el ensayo al segundo año de la siembra.



b) Aprovechamiento del forraje del ensayo, para el hato lechero del CEAC.



c) y d) Cortes de evaluación del ensayo con apoyo de estudiantes de la UMSS y de la UTO.



Rendimientos en forraje y composición botánica en macro parcelas asociadas de cereales y leguminosas anuales, en el Altiplano Central de Oruro, para producción de ensilaje

Ruddy Meneses¹, Ermindo Barrientos², Juan Véliz³

¹ Investigador CIF "La Violeta" - UMSS, ² Investigador CEAC - UTO, ³ Ing. Agrónomo

Resumen

En el ciclo 1998/1999, en el CEAC, se establecieron macro parcelas de 5000 m². En estas, se sembraron cereales puros y asociados con dos leguminosas anuales. Las especies consideradas fueron cebada, avena, triticale, veza común y arveja forrajera. La siembra se realizó en diciembre de 1998 y en abril de 1999 se empezó con el corte de forraje para realizar ensilaje de 9 diferentes tipos (cereales puros y asociados). Si bien el corte estuvo determinado por la fisiología del cereal (inicio de espigamiento o panojamiento del cereal), más determinante fue el efecto de las primeras heladas que obligan a realizar el corte para no perder biomasa vegetal. El análisis estadístico descriptivo mostró diferencias en producción de materia seca a favor del cultivo puro, en promedio con 1.5 toneladas más de materia seca en relación a los cultivos asociados. Entre éstos (veza común y arveja con los tres cereales) no se evidenció diferencias importantes. En composición botánica, las leguminosas alcanzaron una participación promedio cercana al 20%, valor que se considera satisfactorio y que va a favor más de la calidad que de la cantidad en los diferentes cultivos asociados. Toda la biomasa producida se llevó a ensilaje en silos rústicos tipo "montón". Al cabo de cinco meses, se abrieron los silos y se determinó la humedad y el pH de los diferentes ensilajes, concluyendo que no había diferencias para estos parámetros entre los diferentes ensilajes. La humedad estuvo, en promedio, cercana al 80% y un pH de 4.0, valores considerados normales y que denotan un adecuado proceso de fermentación. Esto se ratificó con pruebas de palatabilidad, en las cuales no hubo rechazo a ninguno de los ensilajes logrados.

1. Introducción

La escasez de forraje en el altiplano boliviano es crítica durante la mayor parte del año. Tan solo 4 a 5 meses pueden ser aprovechados para producir biomasa para el consumo animal. La opción más utilizada es la henificación casera, esto debido principalmente al bajo costo y utilización de mano de obra sin necesidad de maquinaria.

Cuando se dan las condiciones, la opción del ensilaje brinda mayor calidad en el producto a obtener del proceso de conservación del forraje. Esta es una práctica común en ciertas zonas y principalmente explotaciones ganaderas medianas de la zona, es el caso del Centro Experimental Agropecuario Condoriri (CEAC) de la Universidad Técnica de Oruro (UTO).

El presente trabajo se enfocó en analizar desde técnicamente, la factibilidad de conser-

var forraje a través del ensilado con cultivos asociados frente al tradicional ensilaje de cereales puros. El hecho de tener una leguminosa en el ensilaje puede tener dos consecuencias, una es la de mejorar la calidad del producto pero la otra puede ser el crear condiciones adversas para un proceso adecuado de la fermentación en el silo, debido a la proteína que aporta la leguminosa.

2. Materiales y métodos

El trabajo se realizó en el periodo 1998/1999 en el CEAC (provincia Cercado, Oruro) ubicado a 3830 msnm. La zona pertenece al altiplano central, tiene una temperatura media anual de 10.3 °C y registra 346 mm de precipitación anual, se reporta una media de 150 días con heladas, tiene un clima semiárido (Barrientos, 2001).

Para el ensayo, se establecieron 9 macro-parcelas, cada una de media hectárea con cultivos puros de cereales y asociados con veza común (*Vicia sativa*) o arveja (*Pisum sativum*).

La densidad de siembra de los cereales fue de 80, 90 y 90 kg/ha para la avena, cebada y triticale, respectivamente. En el caso de las leguminosas la densidad fue de 20 y 40 kg/ha para veza común y arveja, respectivamente.

La siembra se realizó en diciembre de 1998, al voleo y tapando con rastra de discos. Ante los primeros efectos de las heladas, el forraje se cortó, picó y trasladó a silos tipo "montón" (Fernandez, 1998), esto se hizo a mediados de abril de 1999.

A fines de septiembre del mismo año se tomaron muestras del ensilaje y se procedió a la apertura de los silos para utilizar el producto en el hato lechero del CEAC, realizando una serie de ensayos referidos al efecto de los diversos tipos de ensilaje sobre la calidad y cantidad de leche producida por ganado al que se dio este forraje conservado.

El presente trabajo reporta los rendimientos en forraje en campo y la calidad del ensilaje producido en términos de humedad, pH y proteína cruda.

Los resultados de los tratamientos, al no tener repeticiones, dada la superficie de las macro parcelas, deben considerarse como preliminar porque además utiliza para su análisis solamente estadística descriptiva.

3. Resultados y discusión

El inicio de las heladas coincidió con el pleno espigamiento de la cebada y el inicio de emergencia de panojas en el caso de la avena. El cuadro 1 muestra la superficie cortada que en promedio representó 7.5 chatas (de 8 m³) de forraje picado en campo. También detalla los rendimientos totales y por componentes en el caso de los asociados. Para la determinación se realizaron 10 muestreos por macro parcela, al azar, cada uno de ¼ m². Dada la agresividad del cereal, la incidencia de malezas fue mínima.

La figura 1 muestra la participación botánica de los cultivos asociados; de esta figura se puede destacar el aporte de las leguminosas que alcanza niveles adecuados. Esta aseveración se apoya en la referencia que en un cultivo forrajero asociado, una tasa de 30% de participación de leguminosa es ideal (Skerman, *et al.*, 1988). Por otra parte con esta figura se denota un fuerte efecto de la cebada sobre la leguminosa asociada, esto muy ligado a la precocidad de la especie.

Cuadro 1. Superficie cosechada y rendimiento en materia seca para cereales puros y asociados con leguminosas anuales. CEAC, Oruro. 1999.

Tratamiento	Superficie cosechada (m ²)	Rend. total en base seca (kg/ha)	Rend. en base seca del cereal (kg/ha)	Rend. en base seca de la leguminosa (kg/ha)
Avena pura	3553	12183	12183	--
Cebada pura	3920	11353	11353	--
Triticale puro	3474	12336	12336	--
Avena + veza común	3559	11369	9626	1743
Avena + arveja	3650	9425	7058	2367
Cebada + veza común	3287	11119	10300	819
Cebada + arveja	3573	9907	8805	1102
Triticale + veza común	3099	9928	8310	1620
Triticale + arveja	3628	9363	8313	1050

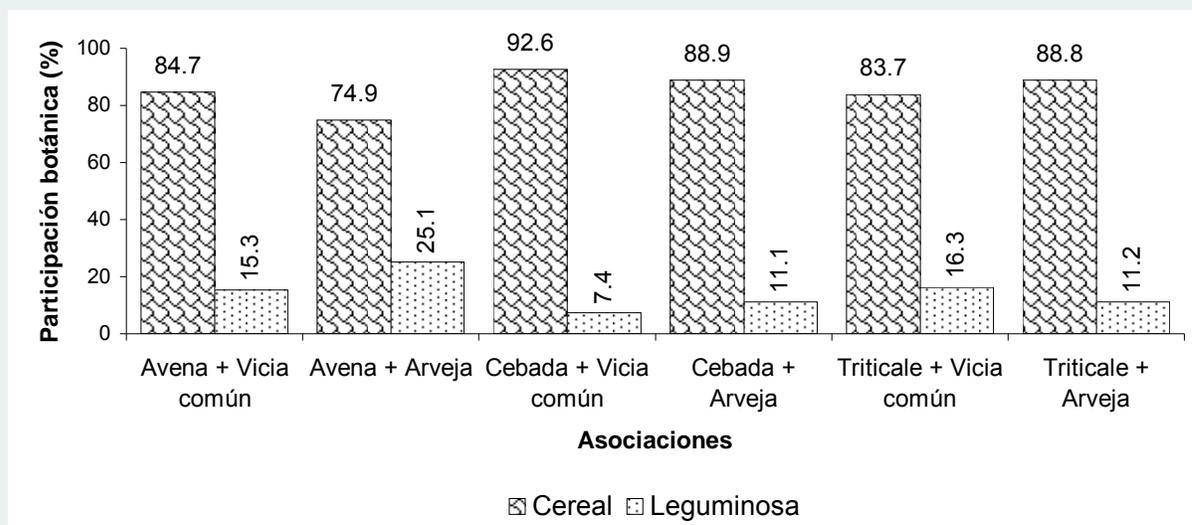


Figura 1. Participación porcentual de leguminosa y cereal en el rendimiento en materia seca para dos cereales asociados con veza común y arveja.

Cuadro 2. Humedad, contenido de proteína (N * 6.25) y pH de 9 muestras de ensilaje proveniente de cultivos puros de cereales y asociados con leguminosas anuales. CEAC, Oruro, 1999.

Tratamiento	Humedad %	pH	Proteína bruta %
Avena pura	80.6	3.9	7.86
Cebada pura	76.6	3.6	7.76
Triticale puro	79.1	3.9	7.50
Avena + veza común	84.0	3.5	9.05
Avena + arveja	80.7	4.2	10.85
Cebada + veza común	80.5	4.2	10.77
Cebada + arveja	79.2	3.8	10.09
Triticale + veza común	80.2	3.7	9.52
Triticale + arveja	81.6	3.9	12.33

Fuente: Laboratorio de Nutrición Animal, FCAP - UMSS (octubre 1999).

Cuadro 3. Análisis bromatológico para 9 muestras de ensilaje proveniente de cultivos puros de cereales y asociados con leguminosas anuales. CEAC, Oruro, 1999.

Tratamiento	Materia seca total %	Ceniza %	Proteína %	Materia orgánica %	FDA %	FDN %
Avena pura	90.12	9.41	9.32	90.59	38.06	48.46
Cebada pura	88.68	8.54	9.89	91.46	40.53	47.16
Triticale puro	89.98	9.54	10.65	90.46	41.72	50.56
Avena + veza común	89.51	10.04	9.02	89.96	36.64	45.71
Avena + arveja	88.67	10.82	9.63	89.18	38.52	43.07
Cebada + veza común	88.76	8.57	11.52	91.43	35.44	40.16
Cebada + arveja	92.36	9.29	5.43	90.71	42.66	55.96
Triticale + veza común	90.52	11.01	9.91	88.99	41.14	51.06
Triticale + arveja	90.95	16.74	14.00	83.26	47.23	47.23

Fuente: Laboratorio de Suelos y Nutrición Animal, SEDAG. Estación Experimental Patacamaya (1999).

Los cuadros 2 y 3 muestran la calidad del ensilaje producido, en base a análisis de dos laboratorios distintos. En proteína, es evidente el aporte beneficioso de las leguminosas. Los otros parámetros se consideran reflejo de una calidad adecuada del producto. Esto se ratificó en base a pruebas de palatabilidad con ganado lechero para el cual el consumo fue excelente.

Los valores de estas tres determinaciones están dentro los márgenes adecuados para un ensilaje de calidad (Flores y Bryant, 1989; Craig, 1995).

Limitando el análisis a la parte agronómica y económica del trabajo, vale recalcar que la arveja tiene gran ventaja sobre la veza común, ya que en términos aproximados, esta última cuesta casi 4 veces más que la arveja.

A partir de los nueve silos elaborados con el forraje proveniente de las nueve macro parcelas, en el hato lechero del CEAC se realizó una serie de ensayos para ver el efecto del ensilaje en parámetros de producción lechera. Al final de este documento, a manera de información complementaria, se presenta una serie de cuadros que muestran los resultados más sobresalientes de estos ensayos. Para mayor información referir a Meneses y Barrientos (2003).

4. Conclusiones

- La inclusión de leguminosas en un cultivo asociado con cereales, para conservar forraje como ensilaje, es técnicamente factible en condiciones del sitio del ensayo (altiplano). Participaciones mayores al 20% de la leguminosa no han afectado el proceso de fermentación láctica, sino por el contrario han mejorado la calidad y palatabilidad del ensilaje producido.
- Agronómicamente, la mejor relación de asociación se dio con la avena. La cebada, por su precocidad y agresividad, ha limitado el aporte de la leguminosa en la participación botánica en las parcelas asociadas.

- La arveja forrajera demostró ser una opción técnica y económicamente más interesante que la veza, esto por dos razones, el ciclo más largo de la veza y su mayor costo de semilla.
- La calidad del ensilaje producido está dentro los parámetros normales y su palatabilidad es muy adecuada. Las características organolépticas del ensilaje han sido satisfactorias.

Referencias

- Barrientos, E. 2001. Manejo de praderas y producción de forrajes. FCAP-UTO. Oruro, Bolivia. 161 p.
- Craig, R. 1995. Microbiology of stored forages. pg. 21-38. In: Moore, K., Kral, D. y Viney, M. (eds.). Post-Harvest physiology and preservation of forages. American Society of Agronomy, Inc. Crop Science Society of America, Inc. CSSA Special publication No. 22. Madison, Wisconsin, USA. 115 p.
- Fernandez, W. 1998. Ensilaje de forrajes. CIAT. Santa Cruz, Bolivia. 28 p.
- Flores, A. y Bryant, F. 1989. Manual de Pastos y Forrajes. INIAA. Universidad de California, Davis. Programa Colaborativo de Apoyo a la Investigación en Rumiantes Menores. Lima, Perú. 209 p.
- Meneses, R. y Barrientos, E. 2003. Producción de Forrajes y Leguminosas en el Altiplano Boliviano. Resumen de experiencias en seis años de trabajo entre el Centro Experimental Agropecuario Condiriri e instituciones del Fondo Universitario "La Violeta". Proyecto AgroLeg (CIAT-CIF-CIFP-SEFO). Cochabamba, Bolivia. 286 p.
- Skerman, P., Cameron, D. y Riveros, F. 1988. Tropical forage legumes. Plant Protection and Production Series. No. 2. FAO. Rome, Italy. *Citado por:* Paterson, R. 1997. El rol de las leguminosas forrajeras en sistemas de producción agrícola. pg. 172-185. *En:* Memorias III Reunión Nacional en Leguminosas y IV Reunión Boliviana de Rhizobiología. 2-4 de diciembre de 1997. La Paz, Bolivia. 291 p.

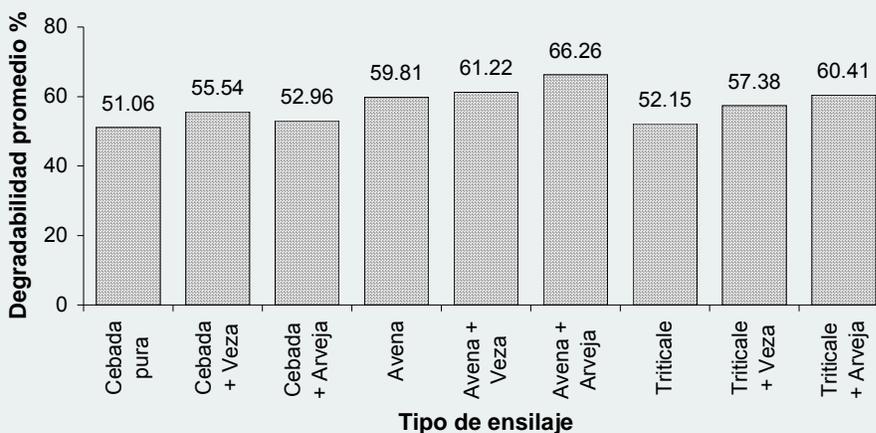
Información complementaria

Resultados sobresalientes de ensayos en producción animal con el hato lechero del CEAC, a partir de los nueve tipos de ensilaje preparados



Efecto de nueve tipos de ensilaje en la **producción de leche** en vacas estabuladas (CEAC, 1999). (Duncan $p \leq 0.05$)

Fuente: Otazo, E. 2001. Ensilaje de cereales menores asociados con vicia y arveja en la producción de leche en el Centro Experimental Agropecuario Condoriri. Tesis Ing. Agr. FCAP-UTO. 64 p. + 39 p. anexos.



Degradabilidad *in situ* de materia seca -en vacas fistuladas- para nueve tipos de ensilaje. Promedio de nueve tiempos de degradación (CEAC, 1999).

Fuente: Gonzáles, J. 2002. Degradabilidad ruminal de cereales menores con leguminosas para elaboración de ensilajes en el CEAC. Tesis Ing. Agr. FCAP-UTO. 103 p.

Parámetros cualitativos de leche producida por vacas alimentadas con nueve tipos de ensilaje.

Tipo de ensilaje	Contenido graso % ¹	Sólidos totales %	Acidez titulable %	Proteína %	Densidad relativa	Cenizas %
Cebada pura	1.50	9.64	0.09	4.68	1.0293	0.58
Cebada + Veza común	3.40	11.15	0.13	3.86	1.0276	0.60
Cebada + Arveja	3.96	12.65	0.12	3.42	1.0310	0.60
Avena pura	3.96	12.07	0.13	3.84	1.0304	0.79
Avena + Veza común	4.25	12.73	0.12	4.03	1.0312	0.80
Avena + Arveja	2.50	11.12	0.13	3.41	1.0324	0.60
Triticale puro	3.05	10.99	0.11	1.75	1.0295	0.80
Triticale + Veza común	2.98	11.51	0.13	4.84	1.0324	0.80
Triticale + Arveja	2.30	10.58	0.12	2.72	0.0314	0.60

Fuente: Michel, R. 2002. Consumo de ensilaje de cereales menores con leguminosas y su incidencia en las propiedades físico-químicas de la leche. Tesis Ing. Agr. FCAP-UTO. 62 p. + 43 p. anexos.

Calificación cualitativa de leche vacuna para consumo humano, en función al tiempo de decoloración del azul de metileno (prueba de reductasa), en base a alimentación con nueve tipos de ensilaje.

Tipo de ensilaje	Tiempo de decoloración (horas)	Azul de Metileno	Calificación
Cebada pura	5.45	5 horas o más	Muy buena
Cebada + Veza común	4.15	3 a 5 horas	Buena
Cebada + Arveja	6.20	5 horas o más	Muy buena
Avena pura	4.30	3 a 5 horas	Buena
Avena + Veza común	5.15	5 horas o más	Muy buena
Avena + Arveja	4.15	3 a 5 horas	Buena
Triticale puro	3.45	3 a 5 horas	Buena
Triticale + Veza común	6.00	5 horas o más	Muy buena
Triticale + Arveja	5.45	5 horas o más	Muy buena

Fuente: Michel, R. 2002. Consumo de ensilaje de cereales menores con leguminosas y su incidencia en las propiedades físico-químicas de la leche. Tesis Ing. Agr. FCAP-UTO. 62 p. + 43 p. anexos.

¹ Valores entre 3.5 a 4.5 % de contenido graso son calificados como buenos; 2.5 a 3.5 % como regulares, y menores a 2.5 como bajos (Revilla, 1982).

Costos de producción (Bs.) para nueve tipos de ensilajes de cereales menores puros y asociados con leguminosas anuales por unidad de volumen y contenido de proteína. CEAC, 1999.

Tratamientos	Cebada pura	Cebada + veza común	Cebada + arveja	Avena pura	Avena + veza común	Avena + arveja	Triticale puro	Triticale + veza	Triticale + arveja
Labores de preparación de terrenos									
Roturación (alquiler maquinaria)	60	60	60	60	60	60	60	60	60
Rastrada (alquiler maquinaria)	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Siembra	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Mano de obra	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Total labores	125	125	125	125	125	125	125	125	125
Insumos									
Semilla de cebada	102.37	85.84	93.38	90.88	91.2	93.44	118.94	106.02	123.88
Semilla de vicia		198			213			186	
Semilla arveja			71.5			73.0			72.5
Estiércol	72	72	72	72	72	72	72	72	72
Total insumos	174.4	355.8	236.9	162.9	376.2	238.4	190.9	364.0	268.4
Labores de cosecha									
Alquiler cosechadora (segadora - picadora)	108	108	108	108	108	108	108	108	108
Total cosecha	108	108	108	108	108	108	108	108	108
Costo total biomasa verde	407.4	588.8	469.9	395.9	609.2	471.4	423.9	597.0	501.4
Insumos y labores de conservación									
Polietileno	27	27	27	27	27	27	27	27	27
Alquiler tractor (compactado)	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Alquiler tractor (traslado)	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Alquiler tractor (tapado)	120	120	120	120	120	120	120	120	120
Mano de obra para ensilar	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Total costo conservación	337	337	337	337	337	337	337	337	337
COSTO TOTAL	744.4	925.8	806.9	732.9	946.2	808.4	760.9	934.0	838.4
kg de ensilaje	11760	11439	10612	19016	16886	13523	13074	11671	14180
Costo ensilaje	744.37	925.84	806.88	732.88	946.2	808.44	760.94	934.02	838.38
Bs/kg de ensilaje	0.063	0.081	0.076	0.039	0.056	0.060	0.058	0.080	0.059

Tipo de cambio en la fecha del estudio: 7.52 Bs/\$us.

Fuente: Adaptado de: Meneses, R., Barrientos, E. 2003. Producción de Forrajes y Leguminosas en el Altiplano Boliviano. Resumen de experiencias en seis años de trabajo entre el Centro Experimental Agropecuario Condiriri e instituciones del Fondo Universitario "La Violeta". Proyecto AgroLeg (CIAT-CIF-CIFP-SEFO). Cochabamba, Bolivia pp. 226.



Vista general del ensayo con 9 macroparcelsas, cada una de media hectárea de superficie, y corte a los 4 meses de la siembra utilizando tarup, para llevar todo el material picado a los silos



Distribución del forraje picado por silo. Cada silo se preparó con más de 7 chatas (cada una de 8 m³)



Compactado del forraje en cada uno de los 9 silos, buscando eliminar la mayor cantidad de aire posible



A la izquierda, tapado del silo primero con plástico y luego con una capa de tierra, dando la forma cóncava para facilitar el escurrimiento de agua de lluvias. La capa de tierra fue de 10 a 20 cm, empezando de un extremo con la finalidad de expulsar todo el aire.



A la derecha, apertura del silo a cinco meses de haber iniciado el ensilaje, primero para la toma de muestras de cada silo y posteriormente para su utilización en el CEAC y para ensayos posteriores.



Evaluación de cada uno de los nueve diferentes tipos de ensilaje elaborados, en ganado lechero del CEAC, tanto a nivel de efectos en calidad y cantidad de leche, pasando por tests de palatabilidad y ensayos de digestibilidad

Fertilización fosforada en variedades de trébol blanco (*Trifolium repens*), en tres ciclos de producción de semilla

Ladislao Lazarte ¹, Litza Lazarte ²

¹ Investigador CIF (†), ² Ingeniera Agrónoma

Resumen

En el valle central de Cochabamba, durante tres ciclos consecutivos de producción semillera de la leguminosa *Trifolium repens* (trébol blanco), se evaluó el efecto de tres variedades y tres niveles de fertilización fósforada. Las variables de respuesta fueron el rendimiento y calidad de la semilla; además se realizó un análisis económico mediante la determinación de la Tasa de Retorno Marginal. Al cabo de tres cosechas durante los años 1996 al 1998, no se evidencia efectos concluyentes, para ninguna variable de respuesta, del factor cultivares ni del factor niveles de fósforo aplicados, tampoco hubo efectos de la interacción de los dos factores considerados. Las tendencias destacan a los cultivares Yacuí y Zapiran (procedentes de Brasil y Uruguay, respectivamente) por su potencial productivo de semilla. Destaca la producción semillera de primavera/verano, con precortes porta grano en el mes de agosto; la cosecha en otoño (mayo) es la que menor producción ofrece. El análisis económico reporta mayores expectativas para el cultivar Yacuí con aplicación de 50 kg/ha de P₂O₅, en cosechas de verano en primavera/verano.

1. Introducción

El trébol blanco en nuestro país está ampliamente adaptado a los agroecosistemas de valles interandinos y el altiplano húmedo, donde la napa freática es superficial y donde otras especies no pueden desarrollarse por asfixia, como la alfalfa.

Muslera y Ratera (1984), indican que esta especie es de gran valor alimenticio, de excelente apetencia por su digestibilidad y gran riqueza de proteínas, calcio y minerales; pero muy exigente en luz y en el aporte de fósforo y potasio; tiene un crecimiento óptimo a 21 °C de temperatura, con la desventaja de susceptibilidad a la sequía y el gran peligro de provocar timpanismo en el ganado, cuando es manejado como cultivo puro.

Debido a las bondades señaladas, existe la necesidad de producir semilla en el país para satisfacer la demanda existente, ya que la semilla procedente de exportación tiene costos elevados y no está adaptada a nuestras condiciones agroambientales de los diferentes pisos ecológicos, ocasionando consecuentemente pérdida de divisas y riesgos fitosanitarios.

Según experiencias, en producción de semilla de leguminosas se verificó la influencia de la fertilización fosforada, por tanto el presente estudio responde a la necesidad de medir los efectos simples e interactivos de tres cultivares de trébol blanco y tres niveles de fertilización fosforada, en tres consecutivos ciclos de producción de semilla pura, calidad de la misma y el análisis de retornos marginales.

2. Materiales y métodos

El trabajo se realizó en los terrenos del Centro de investigación en Forrajes “La Violeta”, bajo el diseño experimental de parcelas divididas con tres repeticiones. Las variedades fueron distribuidas en parcelas y los niveles de fósforo en subparcelas.

La unidad experimental tenía una superficie de 10 m², con 10 surcos separados a 0,2 m con un largo de surco de 5 m.

La siembra se realizó el 13 de febrero de 1996 a chorro continuo, ajustando la densidad de siembra para cada variedad a 6 kg/ha.

Cuando las malezas estaban por asfixiar al cultivo, se realizó dos cortes de limpieza, el 9 de mayo y el 24 de julio de 1996, y posteriores precortes (cortes portagrano) para los ciclos de producción de semilla en fechas: 27/08/96, 14/02/97 y 26/08/97.

Los tres cultivares de trébol rojo fueron: Ladino (procedente de USA); Yacui (procedente de Brasil); Zapiran (procedente de Uruguay). Como fuente de fósforo se utilizó Nitrofoska de fórmula 18-46-00, aplicado al voleo después del precorte portagrano, para cada ciclo de producción.

Los riegos en la época de estiaje, después del precorte se aplicaron por inundación, con una frecuencia aproximada de cada 20 días.

La cosecha de los diferentes ciclos de producción, se realizó en fechas: 21/12/96; 25/05/97 y 16/01/98, con una madurez de campo avanzada (100%) en una superficie de evaluación de 1 m² por unidad experimental, cortando con hoz desde la base de los pedúnculos, colocándolos luego en bolsas grandes de papel madera para luego ser trasladados a un lugar cementado y ser extendidas sobre papeles para su secamiento.

Para la obtención de semilla clasificada se pasó por la descortadora y una clasificadora de tamices (columna de aire) cuyas dimensiones de los tamices fueron: superior 1.25*1.25 mm e inferior 0.4*0.8, para concluir en el laboratorio de semillas con el análisis de calidad respectivo.

Para el análisis económico de los tres ciclos de producción de semilla, se asumió una pérdida del 10% del rendimiento en semilla y para los costos variables se consideró los siguientes parámetros:

- 1 kg de semilla: 31.50 Bs.
- 1 kg de 18-46-00: 2.60 Bs.
- 1 jornal: 30 Bs. (para la fertilización)

3. Resultados y discusión

Para cuantificar el efecto de los factores estudiados, se tomó -como variables de respuesta- el rendimiento en semilla pura y la calidad de la misma en relación a un análisis económico para los tres ciclos de producción semillera.

3.1. Rendimiento en semilla pura

Efecto del cultivar

Según el análisis de varianza para los 3 ciclos de producción de semilla, en la variable rendimiento en semilla pura, no hay diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en los factores cultivares, niveles de fósforo y la interacción.

Según la figura 1, durante el primer y tercer ciclo de producción semillera (cosechas de diciembre y enero respectivamente), el cultivar Yacui destaca con rendimiento mayor en relación al promedio general (427 kg/ha en el primer ciclo y 345 kg/ha en el tercer ciclo), los demás cultivares tuvieron rendimientos por debajo de la media.

En el segundo ciclo de producción semillera (cosecha en mayo), la variedad que sobresalió fue Zapiran. Durante este ciclo de producción, en forma general los rendimientos se redujeron en un 76% en relación al primer ciclo. Esta sensible reducción se debió a las condiciones climáticas desfavorables para producción de semilla, ya que su floración coincidió con lluvias tardías (fines de marzo), lo que provocó abundante aborto floral por falta de una actividad polinizadora de insectos.

Observando el rendimiento acumulado en los tres ciclos de producción, se tiene las siguientes estimaciones:

cv. Ladino:	826.1 kg.
cv. Yacui:	936.2 kg.
cv. Zapiran:	864.8 kg.

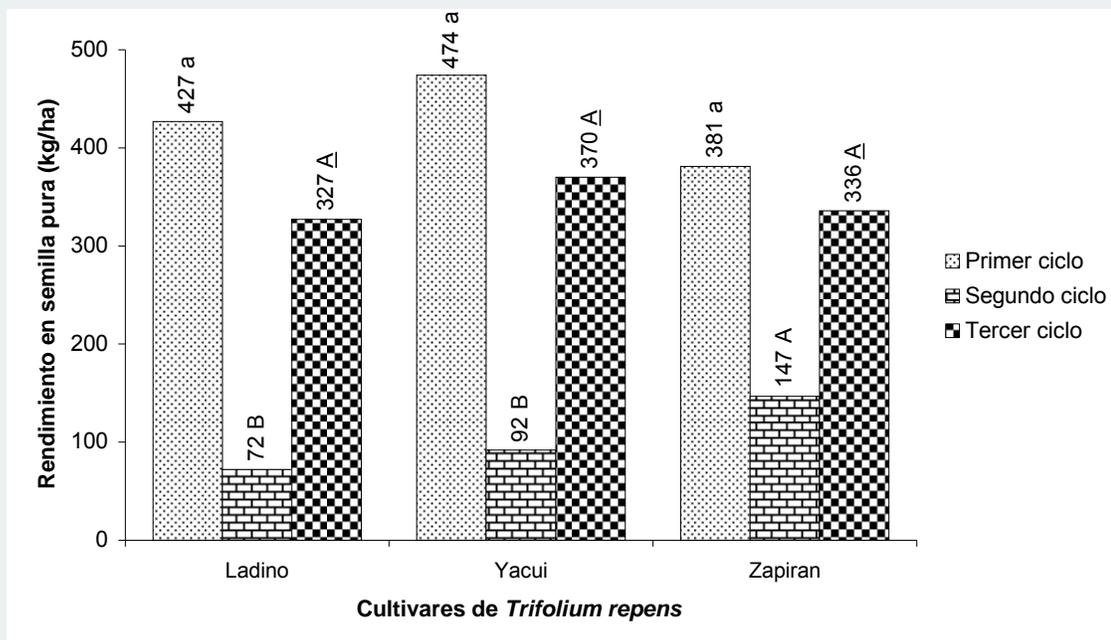


Figura 1. Rendimiento en semilla pura de tres cultivares de trébol blanco, en tres ciclos de producción.

Valores con letras diferentes, difieren estadísticamente según la Prueba de Duncan ($p \leq 0.05$), para cada ciclo de producción de semilla.

Efecto de la aplicación de fósforo

Según la figura 2, durante el primer ciclo de producción semillera, la aplicación de P_2O_5 al suelo tuvo efecto negativo. Esta disminución posiblemente obedece al desequilibrio nutricional que ocasiona una abundante producción de biomasa, debido al efecto residual de cultivos anteriores, que según su historial, este lote tenía como cultivo trébol de Alejandría.

En el segundo ciclo de producción semillera (cosecha en mayo), se observó que la aplicación de fósforo sí bien elevó el rendimientos en relación al testigo, este incremento fue mínimo así como la media general del ensayo en este ciclo productivo (104 kg/ha).

En el tercer ciclo de evaluación semillera (cosecha en verano) la aplicación de fertilización fosforada no influyó en el rendimiento en semilla pura en relación al testigo, cuyo rendimiento fue 234 kg/ha.

A partir del segundo ciclo de producción, la aplicación de fósforo tuvo tendencias positivas sobre rendimiento de semilla pura.

Corroborando estas tendencias, se puede citar a Carambula (1981) quién destaca la importancia que ejerce el fósforo en la producción de semilla de leguminosas. Asimismo indica que numerosos autores han determinado la influencia de este nutriente en los rendimientos de semilla por hectárea al afectar notablemente el desarrollo vegetativo del cultivo y en consecuencia incrementar las posibilidades de que las plantas demuestren un mayor potencial reproductivo.

3.2. Análisis de calidad de semilla

Los porcentajes de germinación y peso de 1000 semillas, en los 3 ciclos de producción semillera, se presentan en el cuadro 1. En ningún ciclo de producción semillera (entre las variedades de trébol blanco y los tres niveles de fertilización fosforada) existen diferencias significativas ($p \leq 0.05$) para estos parámetros de calidad.

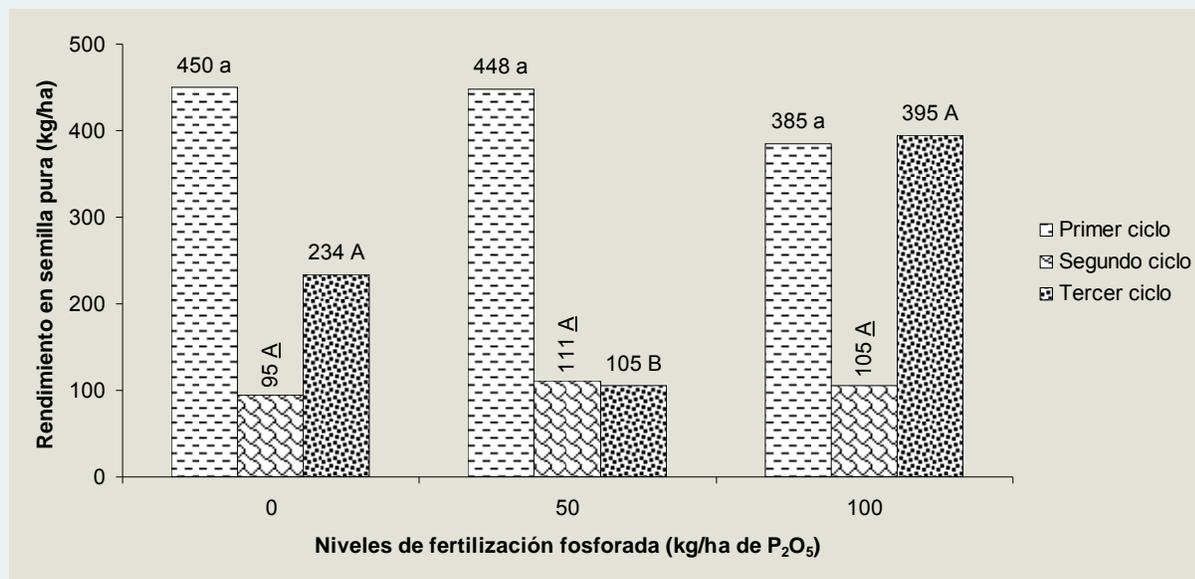


Figura 2. Efecto de tres niveles de fertilización fosforada en el rendimiento de semilla pura de trébol blanco, en tres ciclos de producción.

Valores con letras diferentes, difieren estadísticamente según la Prueba de Duncan ($p \leq 0.05$), para cada ciclo de producción de semilla.

Cuadro 1. Efecto de cultivares y niveles de fósforo en la calidad de semilla de trébol blanco, en tres ciclos de producción en "La Violeta".

Factores	Primer ciclo		Segundo ciclo		Tercer ciclo	
	Germinación %	Peso de 1000 semillas g	Germinación %	Peso de 1000 semillas g	Germinación %	Peso de 1000 semillas g
Cultivares						
Ladino	99.8	0.663	96.4	0.635	94.1	0.578
Yacui	99.1	0.712	95.6	0.635	96.1	0.611
Zapiran	99.6	0.696	96.9	0.663	96.3	0.599
CV %	0.39	3.69	2.34	6.05	1.32	2.19
Niveles de fertilización fosforada kg/ha P₂O₅						
00	99.3	0.684	95.7	0.63	94.6	0.58
50	99.9	0.697	97.0	0.650	96.3	0.60
100	98.9	0.690	96.2	0.650	95.7	0.61
CV %	1.30	4.87	1.77	4.10	3.96	4.66
Media	96.48	0.690	96.3	0.645	95.5	0.596

3.3. Análisis económico

En el primer y tercer ciclo de producción semillera (cosecha en verano) se obtuvo mayores beneficios netos por hectárea (14,993 y 12,035 Bs., respectivamente).

Para la variedad Yacui con 50 kg/ha de P_2O_5 cosechada en verano, la tasa de retorno marginal en el primer ciclo fue de 432%, en el tercer ciclo de producción semillera la variedad Ladino presentó una tasa de retorno marginal de 978 Bs. con 50 kg/ha de fertilización fosforada.

Durante el segundo ciclo de producción semillera (verano), la mayor tasa de retorno marginal fue 4229.65 Bs/ha con la variedad Zapiran y sin aplicación fosfórica, resultando dominados todos los demás tratamientos para el cálculo de Tasa de Retorno Marginal. Se debe hacer notar que los niveles de producción fueron muy bajos en este ciclo, debido a la influencia de la época lluviosa en el desarrollo de biomasa de los tratamientos con fertilización fosfórica.

4. Conclusiones

- Las variedades Yacui y Zapiran destacan con los mayores niveles de producción semillera en los tres ciclos de producción.
- Los ciclos de producción semillera de primavera/verano presentan más altos rendimientos, debido a que el periodo de floración coincide con días de sol (sep-

tiembre, octubre) y una mayor actividad de insectos polinizadores.

- La aplicación de los diferentes niveles de fósforo en las condiciones del ensayo, influyó negativamente en la producción de semilla por el excesivo desarrollo de la biomasa en el primer ciclo; esto quizás se deba al efecto residual del fósforo. A partir del segundo año, la producción de semilla para los niveles de 50 y 100 kg/ha de P_2O_5 , tiene tendencias al incremento.
- La aplicación de los diferentes niveles de fósforo, en las diferentes variedades y ciclos de producción, no afectó a la calidad de la semilla producida en términos de germinación y peso de semilla.
- El análisis económico estableció el mayor beneficio neto para el primer y tercer ciclo para la variedad Yacui y la aplicación de 50 kg/ha de P_2O_5 . En el segundo ciclo destacó la variedad Zapiran pero con valores muy bajos de producción.

Referencias

- Carambula, M. 1981. Producción de semilla de plantas forrajeras. Edit. Agropecuaria. Montevideo, Uruguay. 518 p.
- Muslera, E., Ratera, C. 1984. Praderas y forrajes. Producción y aprovechamiento. Edit. Mundi Prensa. Madrid, España. 702 p.

Efecto del nitrógeno en producción de semilla de pasto llorón (*Eragrostis curvula*) durante cuatro años en “La Violeta”

Ladislao Lazarte ¹, Litza Lazarte ²

¹ Investigador CIF (†), ² Ingeniera Agrónoma

Resumen

En el valle central de Cochabamba, durante cuatro ciclos consecutivos de producción semillera de la gramínea pasto llorón (*Eragrostis curvula*), se evaluó el efecto de cinco niveles de nitrógeno en comparación con un tratamiento testigo sin aplicación de urea. Las variables de respuesta fueron el rendimiento y calidad de la semilla; además se realizó un análisis económico. Durante las cuatro cosechas de semilla, en los años 1994 al 1997, se evidenció efectos positivos en función al incremento de nitrógeno. Las tendencias productivas técnicas destacan a los niveles 50 y 100 kg/ha, bajando la producción a niveles mayores, mostrando de esta manera, una tendencia polinomial ya que con niveles altos se favorece más la producción de biomasa antes que la formación de semilla. El análisis económico reporta ventajas para la aplicación de 50 kg/ha y 25 kg/ha de nitrógeno.

1. Introducción

El pasto llorón (*Eragrostis curvula*) es una gramínea pratense muy importante por su producción forrajera, tolerante a sequías y heladas. Es un cultivo de cobertura que evita la erosión hídrica por su profuso enraizamiento, especial para las laderas de las regiones montañosas y el altiplano de Bolivia.

Adaptada desde el nivel del mar hasta 4200 msnm, crece bien en una amplia variedad de suelos especialmente franco arenosos. Según Mendieta (1979), el pasto llorón con una adecuada fertilización es susceptible de una notable mejora en su rendimiento en materia seca y valor nutritivo. Asimismo indica que en los períodos secos cesa completamente su crecimiento, estableciéndose de esta manera una estrecha relación entre el grado de humedad y el desarrollo vegetativo.

Auza (1994), en un trabajo de evaluación de especies forrajeras en localidades de la Cordillera del Tunari (a 3500 msnm) concluye indicando que el pasto llorón logró los rendimientos más altos (1065 kg/ha) en materia seca, comparado con *Bromus catharticus* que acumuló 563 kg/ha de materia seca y *Festuca dolichopila* (chillihua) que apenas acumuló

481 kg/ha de materia seca. Por tanto, el pasto llorón, en las alturas constituye una alternativa forrajera en la alimentación de ovinos, camélidos y bovinos, comparado con las especies nativas predominantes en estas zonas.

Como resultado de estas bondades, a la fecha existe una alta demanda de semillas por los diferentes proyectos y ONG's; por tanto existe la necesidad de realizar ensayos de producción de semilla para así evitar una fuga de divisas y riesgos fitosanitarios, provocados por la importación legal y el contrabando de semilla.

El presente trabajo busca optimizar la producción semillera de *Eragrostis curvula*, mediante la fertilización nitrogenada, analizando información de cuatro ciclos de producción en condiciones experimentales.

2. Materiales y métodos

El ensayo se llevó a cabo durante cuatro años (1994 a 1997), en el Centro de Investigación en Forrajes “La Violeta”. El ensayo se realizó bajo el diseño experimental de bloques al azar con tres repeticiones, con parcelas de 15 m el largo de surco, a una distancia de 0,50 m entre surco con cuatro surcos por parcela.

La semilla utilizada se consiguió por intermedio de SEFO; la misma tenía 95% de pureza física, 92% de germinación y con un peso de 1000 semillas de 0,29 g.

La siembra se realizó con una densidad de 1.5 kg/ha el 4 de marzo de 1993, en surcos a chorro continuo y cubriendo la semilla con ayuda del arrastre de una rama sobre el surco sembrado. Para la siembra y por el hecho de manejar una semilla tan pequeña, ésta se mezcló con cinco partes de arena fina tamizada.

Esta especie es bastante lenta en su establecimiento, por ello, durante el primer año se realizaron tres cortes de limpieza con ayuda de una motosegadora, a fines de abril, junio y agosto de 1993, cuando las malezas tendían a sofocar a la especie cultivada. Durante este año de establecimiento se pudo cosechar en forma general 30 kg/ha de semilla pura. A partir del segundo año de implantación, se inició con el ensayo con los siguientes niveles de nitrógeno:

- 0 kg N₂/ha
- 25 kg N₂/ha
- 50 kg N₂/ha
- 100 kg N₂/ha
- 150 kg N₂/ha
- 200 kg N₂/ha

estos niveles fueron aplicados cada año, durante los cuatro años de producción semillera, utilizando urea con 46% de nitrógeno en forma fraccionada después del riego y del corte portagrano, aplicando un 60% del nivel calculado y el 40 % restante al inicio del encañado. El cuadro 1 detalla esta información en términos de fechas, recalando que la fecha de siembra fue el 4 de marzo de 1993.

Cuadro 1. Fechas de corte portagrano, fertilización y cosecha de semilla de pasto llorón, "La Violeta", 1994 - 1997.

Corte portagrano	Fertilización 60% (al corte portagrano)	Fertilización 40% (al encañado)	Cosecha
12/07/94	14/07/94	09/09/94	28/11/94
19/07/95	20/07/95	19/09/95	01/12/95
26/07/96	29/07/96	16/09/96	26/11/96
28/07/97	28/07/97	18/09/97	01/12/97

En esta especie desde la cosecha de fines de noviembre hasta el corte portagrano de julio se realizaron dos cosechas de biomasa para forraje con buenos rendimientos.

Los riegos se aplicaron según las exigencias del cultivo y en el periodo reproductivo, en promedio cada quince días hasta el inicio de la madurez fisiológica.

La cosecha se realizó con un 70% de madurez fisiológica. La trilla de las muestras se realizó al cuarto día de un proceso de sudado de la semilla, golpeando las espiguillas suavemente sobre un tronco.

Concluido este trabajo, se expuso la semilla en bruto al secado solar, sometiéndose posteriormente al descortinado con zaranda Nro. 1.3 mm de diámetro y finalmente se pasó por una máquina estacionaria de tamices (columna de aire) con zaranda superior N° 0.63 x 1.9 mm y la inferior N° 0.4 x 0.8 mm, regulada convenientemente con una entrada de aire de acuerdo al tamaño y peso de la semilla. Para el análisis económico del ensayo se tomó como modelo el Manual Metodológico de Evaluación Económica del CIMMYT (1988). Se asumió un 10 % de pérdida de la cosecha en semilla. Los costos reportados están en base a los precios del año 1997.

Las variables de respuesta fueron el rendimiento de semilla pura, la calidad de la misma y el análisis económico para determinar la mejor alternativa económica.

3. Resultados y discusión

3.1. Rendimiento en semilla pura

Según el cuadro 2, durante el primer año de producción semillera, no existen diferencias significativas para los diferentes niveles de nitrógeno.

Con los tratamientos aplicados de 50; 100; 150 y 200 kg/ha de N₂, durante el segundo año de producción semillera, se obtuvo un rendimiento medio de semilla pura, significativamente mayor a la aplicación de 25 kg/ha de N₂ y el testigo ($p \leq 0.05$).

Durante el tercer año de producción semillera, según la prueba de F, no existen diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre todos los tratamientos.

En la comparación de medias por el análisis de Rango Múltiple de Duncan al 5%, el comportamiento del ensayo durante el cuarto ciclo de producción de semilla, se presentó diferencia estadística significativa con el tratamiento de 50 kg/ha de N₂; posteriormente como segundo grupo los tratamientos aplicados con 25, 100, 150 y 200 kg/ha de nitrógeno. El testigo presentó el menor rendimiento.

En el rendimiento acumulado de los cuatro ciclos de producción de semilla, según la figura 1, se obtuvo los más altos rendimientos con los niveles de 50 y 100 kg/ha de nitrógeno, teniendo esta variable, una respuesta polinomial ya que niveles mayores a 50 y 100 kg N/ha, tienden a disminuir la capacidad productiva de esta gramínea.

El aumento significativo del rendimiento en semilla en los tratamientos con aplicación de nitrógeno, con respecto al testigo, corrobora lo que algunos autores como FNAMS (1979) indican, señalando que la fertilización nitrogenada promueve el incremento y propagación de macollos vegetativos que se van a transformar en macollos fértiles, aumentando el desarrollo de las inflorescencias y por ende el nivel de producción de semilla, si acaso las condiciones medio ambientales no afectan en la fisiología floral y semillera de esta especie.

3.2. Calidad de la semilla

Los porcentajes de germinación y peso de 1000 semillas para los diferentes años de producción, se presentan en el cuadro 3.

El análisis de varianza para estas dos variables de respuesta no presentó diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$).

3.3. Análisis económico

Los mayores beneficios netos por hectárea, después de realizado el análisis económico por años, son para la aplicación de 50 kg/ha de N₂ y la mayor Tasa de Retorno Marginal se obtuvo con ese mismo tratamiento en los diferentes años (cuadro 4).

Como alternativa, es también recomendable la aplicación de 25 kg/ha de nitrógeno puro que satisface la expectativa del agricultor (CIMMYT, 1988).

Cuadro 2. Efecto de la aplicación de nitrógeno en la producción de semilla (kg/ha) de pasto llorón en cuatro años de manejo en “La Violeta” (1994 a 1997) (Prueba de Duncan para cada año).

Nivel N ₂ (kgN/ha)	Años de producción sembrera				Promedio kg/ha
	Año 1 (1994)	Año 2 (1995)	Año 3 (1996)	Año 4 (1997)	
0 (testigo)	478.3 a	417.3 C	721.2 a	427.9 C	511.2
25	602.0 a	585.3 BC	727.2 a	587.5 B	625.5
50	813.0 a	828.7 A	801.9 a	730.8 A	793.6
100	814.0 a	802.7 AB	728.1 a	627.6 B	743.1
150	800.0 a	793.3 B	727.8 a	601.4 B	730.6
200	797.7 a	665.3 BC	707.9 a	589.8 BC	690.2
Promedio	717.5	682.1	735.7	594.2	682.3

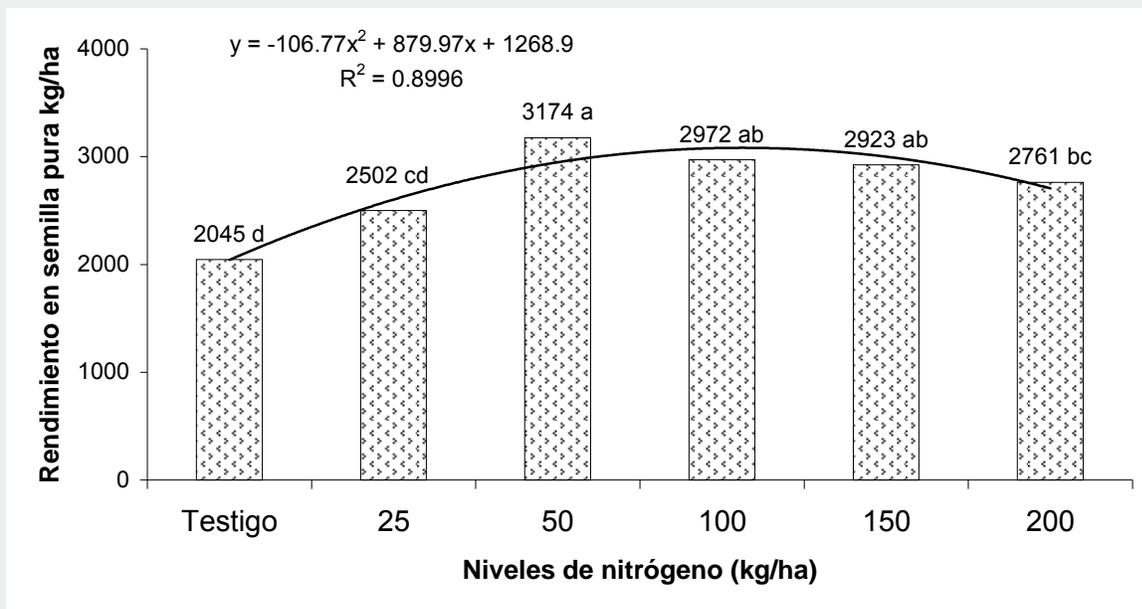


Figura 1. Producción acumulada de semilla de pasto llorón por cuatro años, con diferentes niveles de nitrógeno en “La Violeta”, 1993-1997.

Valores con letras diferentes, difieren estadísticamente según la Prueba de Duncan ($p \leq 0.05$), para cada nivel de nitrógeno aplicado.

Cuadro 3. Peso de 1000 semillas y porcentaje de germinación para cuatro años de producción de semilla de pasto llorón con seis niveles de fertilización nitrogenada. “La Violeta”, 1993 a 1997.

Niveles de N ₂	1994		1995		1996		1997	
	Peso 1000 semillas g	Germinación (%)						
0 (testigo)	0.27	98.2	0.30	98.5	0.31	99.7	0.31	89.7
25	0.28	98.5	0.30	98.7	0.31	99.7	0.33	97.0
50	0.29	99.0	0.32	99.3	0.31	99.7	0.33	97.3
100	0.29	99.6	0.33	99.5	0.31	100.0	0.33	97.3
150	0.31	99.3	0.34	99.5	0.31	100.0	0.35	97.0
200	0.30	98.8	0.31	98.7	0.31	100.0	0.34	96.0
Promedio	0.29	98.9	0.32	99.0	0.31	99.8	0.33	95.7

Cuadro 4. Análisis económico de retornos marginales en producción de semilla de pasto llorón, para cuatro años de producción de semilla en “La Violeta”.

1994						
Niveles de N ₂	Rend. semilla kg/ha	Beneficio neto Bs/ha	Costos varia- bles Bs/ha	Incremento marginal		Tasa de Retorno Marginal %
				Benef. neto Bs/ha	Costo variab. Bs/ha	
50	731.7	27568.1	236.5	7122.9	103.3	6895.3
100	732.6	27395.8	443.0	DOMINADO		
150	720.0	26680.5	679.5	DOMINADO		
200	717.9	26395.3	886.0	DOMINADO		
25	541.8	20445.2	133.3	4086.2	133.3	3065.4
0 (testigo)	430.5	16359.0	00.0	----	----	

1995						
Niveles de N ₂	Rend. semilla kg/ha	Beneficio neto Bs/ha	Costos varia- bles Bs/ha	Incremento marginal		Tasa de Retorno Marginal %
				Benef. neto Bs/ha	Costo variab. Bs/ha	
50	745.8	28104.0	236.5	8218.97	103.2	7964.1
100	722.4	27008.3	443.0	DOMINADO		
150	714.0	26452.4	679.5	DOMINADO		
200	598.8	21868.3	886.0	DOMINADO		
25	526.8	19885.0	133.3	5612.2	133.25	4211.81
0 (testigo)	375.6	14272.8	00.0	----	----	----

1996						
Niveles de N ₂	Rend. semilla kg/ha	Beneficio neto Bs/ha	Costos varia- bles Bs/ha	Incremento marginal		Tasa de Retorno Marginal %
				Benef. neto Bs/ha	Costo variab. Bs/ha	
50	721.7	27188.5	236.5	2977.9	103.3	2882.8
100	654.4	24735.3	443.0	DOMINADO		
150	649.1	24666.7	679.5	DOMINADO		
200	655.2	24456.3	886.0	DOMINADO		
25	655.0	24210.6	133.3	885.4	133.25	664.5
0 (testigo)	637.1	23325.2	00.0			

1997						
Niveles de N ₂	Rend. semilla kg/ha	Beneficio neto Bs/ha	Costos varia- bles Bs/ha	Incremento marginal		Tasa de Retorno Marginal %
				Benef. neto Bs/ha	Costo variab. Bs/ha	
50	657.7	24756.9	236.5	5471.9	103.3	5297.1
100	564.8	21020.9	443.0	DOMINADO		
150	528.7	19958.2	679.5	DOMINADO		
200	541.7	19888.4	886.0	DOMINADO		
25	530.8	19285.2	133.3	4651.4	133.25	3490.7
0 (testigo)	385.1	14633.8	00.0	----	----	----

4. Conclusiones

- La aplicación de nitrógeno para optimizar el rendimiento de semilla pura en pasto llorón, tiene un efecto positivo, tanto durante cada uno de los años evaluados como en la producción acumulada de cuatro ciclos de producción.
- La tendencia de rendimiento ante los crecientes niveles de nitrógeno, es polinomial, teniendo respuesta técnica óptima en los niveles 50 y 100 kg N/ha. Mayores niveles afectan la producción semillera de esta gramínea, favoreciendo funciones productivas (biomasa) antes que las reproductivas.

- La aplicación de los diferentes niveles de nitrógeno, en los diferentes ciclos de producción, no afectó a la calidad de la semilla producida en términos de germinación y peso de semilla.
- Las mayores tasas de retorno marginal y beneficios netos, durante los cuatro años de producción semillera, se obtuvo con la aplicación de 50 kg/ha de N₂, siendo una alternativa económicamente rentable así como también la aplicación de 25 kg/ha de nitrógeno.

Referencias

- Auza, M. 1994. Evaluación de especies forrajeras en dos cuencas de la cordillera del Tunari. Tesis de grado FCAP-UMSS. Cochabamba, Bolivia. 121 p.
- CIMMYT. 1988. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos. Un manual metodológico de evaluación económica. México D.F., México. 79 p.
- FNAMS (Federación Nacional de Agricultores y Multiplicación de Semillas). 1979. Physiologie des graminees appliquee a le production de semences. Paris.
- Mendieta, H. 1973. Ensayo de rendimiento de 50 variedades de alfalfa en la Estación Experimental de Patacamaya. Tesis de grado FCAP-UMSS. Cochabamba, Bolivia. 70 p.

Poblaciones y cortes de tutor en la producción de semilla de *Vicia villosa* y *Vicia villosa* ssp. *dasycarpa* en “La Violeta”¹

Franz Gutiérrez², Aldo Ágreda³

¹ Extracto de la tesis de grado del segundo autor

² Investigador CIF “La Violeta”, ³ Ing. Agrónomo

Resumen

Debido a la demanda importante de semilla de leguminosas anuales para mejorar la calidad de forraje de cereales menores, se planteó el presente trabajo de investigación en producción de semilla de *V. villosa* y *V. villosa* ssp. *dasycarpa*, bajo tres poblaciones y dos cortes del tutor para optimizar la producción de semilla en términos cuanti y cualitativos. La especie utilizada como tutor fue triticale cv. Renacer. La producción de semilla pura para *V. villosa* ssp. *dasycarpa* fue estadísticamente superior al rendimiento de *V. villosa*. Los mayores rendimientos de semilla se obtuvieron con las poblaciones de 200,000 y 133,330 plantas/ha, superando significativamente al rendimiento obtenido con una población de 66,660 plantas/ha. El corte del tutor (cosecha de grano del tutor a un metro de altura), produce significativamente mayor cantidad de semilla en comparación con el corte del tutor (cosecha de forraje). La *V. villosa* ssp. *dasycarpa* y *V. villosa* en interacción con el corte (cosecha del grano del cereal), reportan rendimientos de semilla significativamente superiores en comparación a las demás interacciones. Estos resultados muestran que ambas especies pueden producir buena cantidad de semilla si cuentan con adecuadas condiciones medioambientales y tutores apropiados.

1. Introducción

Dada la importancia de las vezas, tanto para mejorar la calidad nutritiva de los cereales forrajeros tradicionales como también la fertilidad de los suelos mediante la fijación biológica del nitrógeno atmosférico, se hace necesario contar con semillas de calidad para su difusión comercial ya que la demanda de semillas de esta especie es grande, debido principalmente a las bondades anteriormente mencionadas.

La mayor parte de semilla de distintas especies de veza que se comercializan en el país provienen de la importación, lo cual hace que el precio para el agricultor sea elevado y con la consiguiente fuga de divisas, por lo que es imprescindible generar tecnología propia para la producción de semilla a un costo más accesible. A la vez se podría convertir a muchos pequeños agricultores en semilleristas, mejorando de esta manera la calidad de vida de estos.

Atendiendo lo indicado, el presente trabajo plantea el estudio de la producción de semilla de *V. villosa* que es conocida en el país y la *V. villosa* ssp. *dasycarpa* que tiene pocos años de introducción en el medio, bajo tres poblaciones y dos corte del tutor para optimizar la producción de semilla en términos cuanti y cualitativos.

2. Materiales y métodos

El estudio se realizó en los predios del Centro de Investigación en Forrajes “La Violeta”. Se utilizó el diseño experimental de parcelas subdivididas con tres repeticiones, correspondiendo las parcelas a las especies de veza en estudio (*V. villosa* y *V. villosa* ssp. *dasycarpa*), las subparcelas a las poblaciones (66,660, 133,330 y 200,000 plantas/ha de veza, que corresponden en el caso de *V. villosa* a 3, 6 y 9 kg/ha; en el caso de *V. villosa* ssp. *dasycarpa* a 4.4, 8.8 y 13.3 kg/ha), y las sub parcelas al manejo del cultivo del tutor (momento de corte del tutor).

La especie utilizada como tutor fue tritvale cv. Renacer; los cortes del tutor fueron:

- C1 = corte de tutor cuando el cereal presentaba 20% de espigamiento, el corte se hizo a una altura de 10 cm del nivel del suelo.
- C2 = corte del tutor cuando el cereal estaba a madurez fisiológica, cortando las espigas y dejando los tallos del cereal a una altura de un metro.

La siembra se realizó en parcelas de 5 m de largo en surcos distanciados a 0.30 m, depositando la semilla del cereal a chorro continuo a una densidad de 90 kg/ha. La vicia se sembró en el mismo surco dejando dos semillas por golpe a distancias de 16.5, 25 y 50 cm, de acuerdo a las poblaciones de cada tratamiento. La fecha de siembra fue el 1 de febrero del año 1999.

Las variables de respuesta evaluadas fueron: Número de inflorescencias por metro cuadrado; Número de flores por inflorescencia; Número de vainas por inflorescencia; Número de granos por vaina; Días a la madurez fisiológica; Altura de planta a la cosecha; Rendimiento en semilla. Para el presente artículo solamente se presentan y discuten los resultados referentes a la producción de semilla. Para las otras variables se puede referir a la tesis de Ágreda (2001).

3. Resultados y discusión

El análisis de varianza para el rendimiento de semilla pura estableció que existen diferencias estadísticas significativas para los factores: especie, población, corte del tutor y para la interacción especie por corte del tutor. El valor del CV fue del 19%.

3.1. Efecto de la especie en el rendimiento de semilla pura

Como se observa en la figura 1, la producción de semilla pura para *V. villosa* ssp. *dasycarpa* fue estadísticamente superior al

rendimiento de *V. villosa*. La diferencia en favor de la primera, que llega a un 30%, es atribuible a factores genéticos y de adaptación al medio, puesto que en las condiciones de realización del ensayo, esta especie mostró ser más precoz, de floración más uniforme y determinada que la *V. villosa*. Algunas características negativas para la producción de semilla son su floración indeterminada y su ciclo tardío. Otra característica que posiblemente influyó para el mayor rendimiento de *V. villosa* ssp. *dasycarpa* fue el mayor tamaño de la semilla registrando un peso de mil semillas de 46.2 g., superior al de la *V. villosa* que registró 25.3 g.

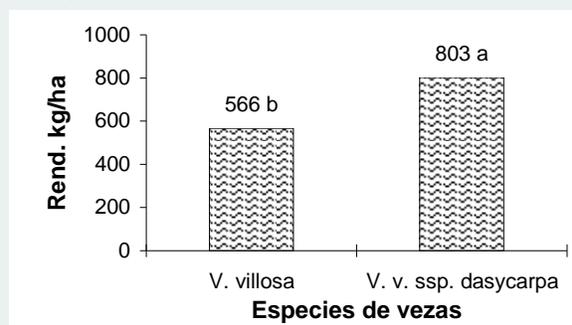


Figura 1. Rendimiento en semilla pura para dos especies de veza en condiciones del Valle Central de Cochabamba.

3.2. Efecto de la población en el rendimiento de semilla

Realizada la prueba de Duncan, se establece que los mayores rendimientos de semilla se obtienen con las poblaciones de 200,000 (P3) y 133,330 (P2) plantas/ha con 863.6 y 784.6 kg/ha, respectivamente, que superan significativamente al rendimiento obtenido con la población 66,660 plantas/ha (P1) que alcanzó un rendimiento de 405.5 kg/ha de semilla pura (figura 2). El incremento en rendimiento de semilla pura al aumentar la población de 66,660 a 133,330 plantas/ha, es atribuible principalmente al número de plantas por unidad de superficie, las plantas en ambos casos produjeron la misma cantidad de semilla individualmente, puesto que en la población de 66,660 el rendimiento de semilla es prácticamente la mitad de lo que se obtuvo con la población de

133,330 plantas/ha, lo que indica que en las parcelas de ambas poblaciones no hubo competencia intra específica a nivel de plantas. Por otra parte al incrementar la población de 133,330 a 200,000 plantas existe un incremento en la producción de semillas no significativo, lo que indica que en la población de 200,000 plantas/ha, sí existe una competencia intra específica. Carambula (1981), al respecto indica que las presiones de población adecuadas son aquellas que permiten obtener máximos rendimientos de semilla por planta, lo cual conduzca a rendimientos mas elevados de semilla por unidad de área.

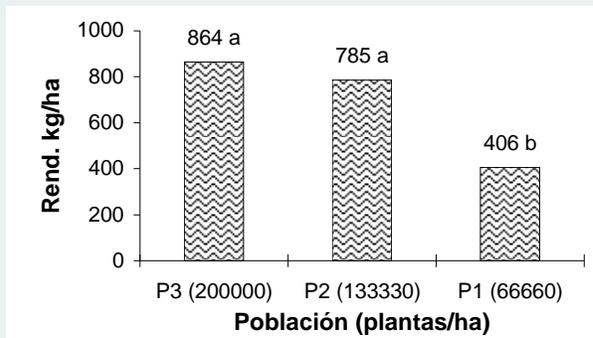


Figura 2. Rendimiento en semilla pura (promedio de dos especies de veza), para tres densidades de población, en condiciones del Valle Central de Cochabamba.

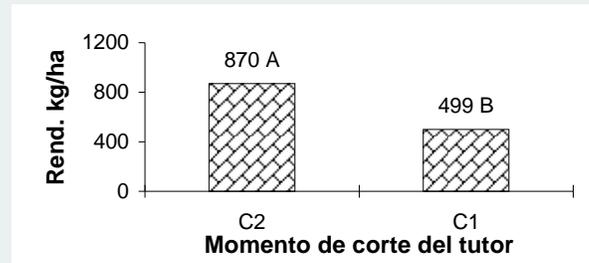
3.3. Efecto del corte del tutor en el rendimiento de semilla de veza

La figura 3 muestra que el corte del tutor C2 (cosecha de grano del tutor a un metro de altura), produce significativamente mayor cantidad de semilla en comparación con el corte del tutor C1 (cosecha de forraje).

El bajo rendimiento que se obtiene con el corte del tutor C1 se debe a que el rebrote del cereal fue débil e insuficiente después de la cosecha del forraje para soportar el rebrote de la leguminosa, lo que ocasionó que las parcelas bajo este tipo de corte se acamen.

Por el contrario el corte del tutor C2 al contar con un tutor bien establecido facilitó a la veza y le dió un mayor espacio para su cre-

cimiento, mejor circulación de aire e intercambio de gases planta-medio ambiente, mejor superficie vegetal, por ende, mayor capacidad fotosintética y mejores condiciones para la actividad de los insectos polinizadores, todos estos aspectos repercutieron favorablemente en el ciclo reproductivo de la planta y en la producción de semilla.



C1: Corte a inicio de espigamiento.
C2: Corte a madurez fisiológica del grano.

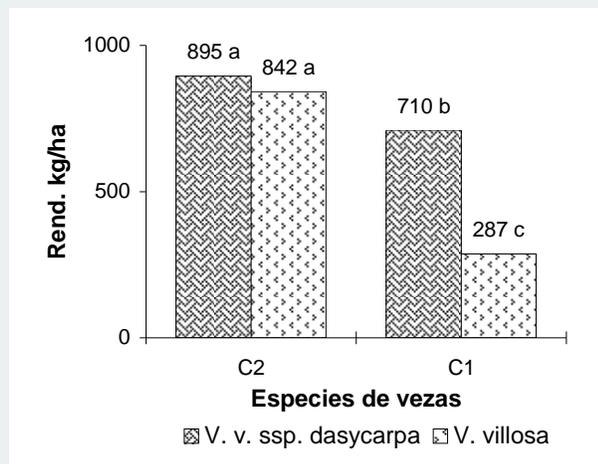
Figura 3. Efecto del corte del tutor en el rendimiento en semilla de dos especies de veza.

3.4. Efecto de la interacción especie por corte del tutor, en el rendimiento de semilla de veza

Realizada la prueba de Duncan se establece que la *V.v. ssp. dasycarpa* y *V. villosa* en interacción con el corte C2 (cosecha del grano del cereal), reporta rendimientos de semilla significativamente superiores en comparación a las demás interacciones (figura 4). Estos resultados muestran que ambas especies pueden producir buena cantidad de semilla si cuentan con las condiciones medioambientales y tutores adecuados.

La interacción *V.v. ssp. dasycarpa* por el corte de tutor C1 (cosecha de forraje) ocupa el tercer lugar en producción de semilla, lo que demuestra que esta especie se adapta mejor a condiciones de cosecha de forraje como en este caso donde no hubo un rebrote óptimo del cereal.

La menor producción baja de semilla se dio con la interacción *V. villosa* por corte del tutor C1, demostrando que esta especie no puede producir semilla de manera eficiente sin la presencia de un tutor bien establecido.



C1: Corte a inicio de espigamiento.

C2: Corte a madurez fisiológica del grano.

Figura 4. Efecto de la interacción especie por corte del tutor, en el rendimiento de semilla pura de veza (promedio de dos especies de veza).

4. Conclusiones

- Existen diferencias significativas para el rendimiento en semilla, *Vicia villosa* ssp. *dasycarpa* produce más semilla en comparación con *Vicia villosa*.
- La población de 200,000 plantas/ha, reportó mayor rendimiento de semilla en comparación a 133,330 plantas/ha sin ser signifi-

cada la diferencia; la población 66,660 plantas/ha produce semilla en cantidades significativamente inferiores a las dos poblaciones anteriores.

- El corte de tutor a cosecha del grano del cereal, induce un mayor rendimiento de semilla en comparación al corte del tutor a cosecha de forraje.
- La interacción *Vicia villosa* ssp. *dasycarpa* por corte de tutor a cosecha del grano del cereal y la *Vicia villosa* con corte del tutor a esa misma fase fisiológica, registraron los mayores rendimientos en semilla pura de las vezas evaluadas.

Referencias

- Ágreda A. 2001. Poblaciones y cortes de tutor en la producción de semilla de *Vicia villosa* y *Vicia dasycarpa*. Tesis Ing. Agr. FCAyP-UMSS Cochabamba, Bolivia. 75 p.
- Carambula, M. 1981. Producción de semillas de plantas forrajeras. Editorial Agropecuaria. Montevideo, Uruguay. 581 p.

Cebadas capuchonas, nueva opción para la producción forrajera de la zona andina de Bolivia

Franz Gutiérrez

Investigador CIF "La Violeta"

Resumen

El trabajo es una recopilación de información sobre la introducción de líneas de cebadas capuchonas procedentes del ICARDA/CIMMYT. El proceso de adaptación y selección fue realizado en el país por el Programa Cereales Menores del Centro de Investigación en Forrajes "La Violeta", de donde se irradia la difusión de estos materiales exitosamente utilizados por agricultores y/o ganaderos de la zona de los valles interandinos. También se hace referencia de los resultados obtenidos en diferentes trabajos de investigación realizados con cebadas capuchonas por diferentes instituciones que utilizaron semilla procedente del CIF. Los ensayos multilocacionales sobre producción de forraje, épocas de siembra, características fenológicas y fenotípicas, confirman las bondades de producción en materia seca y precocidad frente a las cebadas tradicionales (aristadas). Se presenta también una referencia sobre el potencial de producción de semilla realizado a nivel del Valle Central de Cochabamba. Por último se comenta sobre el presente y futuro de las cebadas capuchonas en la agropecuaria de las zonas de valles y zonas altas del país.

1. Introducción

El cultivo de la cebada (*Hordeum vulgare* L.) tiene mucha importancia en el mundo, es utilizada como planta forrajera en verde, henificado o ensilado, el grano es apropiado para una gran variedad de usos, entre los que se destacan la elaboración de raciones alimenticias para todo tipo de ganado, malteado y alimentación humana. En Bolivia, la cebada es importante, porque constituye el alimento básico para las poblaciones diseminadas en las zonas altas, también se utiliza como forraje en forma de heno y ensilaje y en la rotación de cultivos.

La cebada es el cultivo más precoz entre todos los cereales menores, por lo que su utilización es muy arraigada en las zonas donde la precipitación es baja y el periodo de lluvias es corto. Bajo estas condiciones es el cultivo que realmente puede garantizar una cosecha, otra ventaja es su resistencia a diferentes factores adversos como heladas, sequía, suelos poco profundos, pedregosos y salinos.

Por todas las bondades y utilidades que tiene la cebada, el Programa Cereales Menores del Centro de Investigación en Forrajes "La Violeta", dedica sus esfuerzos para desarrollar nuevas variedades superiores.

En este entendido y como parte de sus acciones, el CIF ha introducido a nuestro país líneas de cebada mejoradas, procedentes de ICARDA/CIMMYT, con fines forrajeros denominadas "cebadas capuchonas", que es uno de los mutantes más prominentes del reino de las plantas, constituyendo una alternativa interesante para la producción animal, ya que carecen de aristas o barbas, lo cual es una ventaja para el consumo de los animales frente a las cebadas tradicionales con aristas, las cuales causan serios problemas cuando son consumidas por los animales, ya que se tornan bastante duras y por la presencia de pequeños espináculos, su consumo puede ser riesgoso porque provoca atoramiento en el animal, llegando a extremos de causar abortos en animales gestantes, debido al esfuerzo que el animal hace por librarse de estas aristas.

En este trabajo se presenta información de resultados obtenidos con estos materiales desde su introducción al país el año 2000 hasta su lanzamiento como variedad en julio de 2005.

2. Proceso de introducción y evaluación

En enero del año 2000 se sembraron 13 líneas de cebadas capuchonas introducidas de ICARDA/CIMMYT, con el apoyo directo del Dr. Hugo Vivar, por entonces funcionario del ICARDA/CIMMYT, quién con gran visión proporcionó el germoplasma base a investigadores del CIF que realizaban entrenamiento en el CIMMYT (México). De éstos materiales, se seleccionó seis líneas (cuadro 1), que se destacaron por su buena adaptación a condiciones de “La Violeta”, resistencia a enfermedades y por sus características forrajeras.

Los materiales resultantes de la selección inicial pasaron a etapas de evaluación en campañas agrícolas sucesivas en predios del Centro de Investigación en Forrajes “La Violeta” a nivel de valle y en el Centro Agropecuario Condoriri dependiente de la Facultad de Agronomía de la Universidad

Técnica de Oruro a nivel del altiplano, utilizando como testigos a variedades tradicionales en actual vigencia para establecer el verdadero potencial de producción de biomasa. A nivel de valle se realizaron pruebas de producción de semilla.

El presente documento recopila resultados de trabajos efectuados en diferentes localidades y en diferentes campañas agrícolas en el país.

Para el primer trabajo de evaluación de rendimiento en materia seca, el análisis de varianza no estableció diferencias estadísticas entre los dos momentos de cosecha (estado de leche y masa del grano), el rendimiento de materia seca para las líneas en estudio mostró diferencias significativas. Las líneas de cebada capuchona L-4 y L-6 superaron en producción de materia seca a las demás líneas en estudio y al testigo cv. Gloria, demostrando un buen potencial como líneas forrajeras (figura 1). Es de hacer notar que si bien existen diferencias estadísticas en producción de materia seca, en promedio, estas se pueden considerar no muy drásticas, siendo la diferencia entre la línea de mayor rendimiento y la línea de menor producción, de poco más de una tonelada en base seca.

Cuadro 1. Código, pedigrí y origen de seis líneas de cebadas capuchonas procedentes de ICARDA/CIMMYT (2000) y entregadas al CIF para su desarrollo.

Código	Pedigrí	Origen
L-1	MARCO/FRAGIL	CMB88A.559
L-4	MARCO/FRAGIL/MJA/5/SHYRI//GLORIA BAR/COPAL/3/SHYRI/GRIT/4/APM/RL-B//ORE	CMB93.667-D-21Y-2B-0Y
L-6	MARCO/FRAGIL//CALI92/3/GLORIA-BAR/COME- //ESPERANZA	CMB93.621-B-1Y-1B-0Y CMB93.621-A-1Y-14B-0Y
L-9	MARCO/FRAGIL//CALI92/3/GLORIA-BAR/COME-// ESPERANZA	CMB93.836-F-1Y-8B-0Y
L-12	MARCO/FRAGIL//ZARZA/3/MARCO/FRAGIL//OLMO	
L-13	MARCO/FRAGIL//CALI92/3/GLORIA-BAR/ COME//ESPERANZA	CMB93.621-A-0Y-1B-0Y

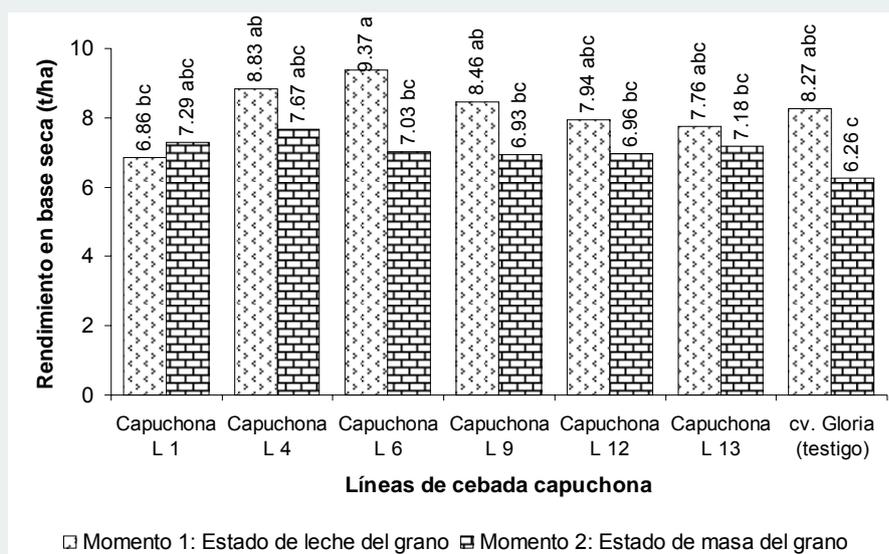


Figura 1. Rendimiento de materia seca (t/ha), en dos momentos de corte, en líneas de cebadas capuchonas en “La Violeta”, Cochabamba (2001-2002).

Valores con letras diferentes, difieren estadísticamente según la Prueba de Duncan ($p \leq 0.05$). Fuente: Simons, L. 2002 (trabajo sin publicar).

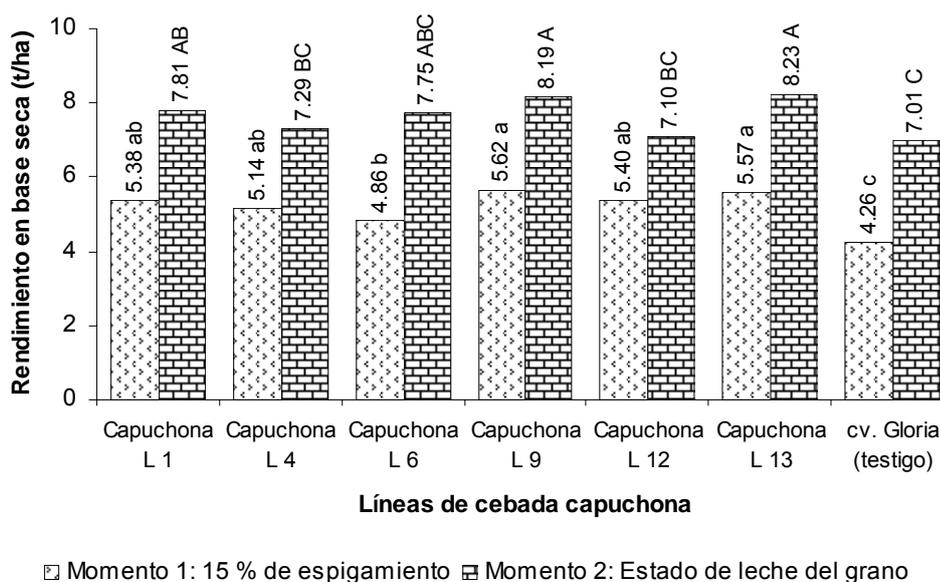


Figura 2. Rendimiento de materia seca (t/ha), en dos momentos de corte, en líneas de cebadas capuchonas en “La Violeta”, Cochabamba (2002-2003).

Valores con letras diferentes, difieren estadísticamente según la Prueba de Duncan ($p \leq 0.05$), dentro de cada momento de corte. Fuente: Sejas, R. 2004.

La figura 2 muestra que existen diferencias significativas en producción de materia seca para los dos momentos de cosecha. El rendimiento de materia seca es significativamente superior en el momento 2 (estado de leche del grano) con relación al momento

1 (15% de emergencia de espigas), con valores promedio de 7.62 t/ha y 5.17 t/ha, respectivamente. Sin embargo el forraje producido es más lignificado y por ende de menor calidad en el momento 2. Así, los resultados de contenido de proteína (análisis realizado en

el Laboratorio de Nutrición Animal de la FCAyP-UMSS), establecieron 13.65% para el estado de desarrollo de 15% de emergencia de panojas y 8.40% para el estado de leche del grano.

Si se considera el rendimiento de materia seca combinando con contenido de proteína se obtienen rendimientos de proteína de 0.70 t/ha y 0.64 t/ha cuando se cosecha a 15% de emergencia de espigas y a estado de leche del grano, respectivamente. Con relación al comportamiento de las líneas de cebada capuchona, las líneas L-9 y L-13 superaron significativamente en producción de materia seca en los dos momentos de cosecha a las demás líneas y al cultivar Gloria que se utilizó como testigo, demostrando un buen potencial para producción forraje en condiciones de La Violeta.

Si se analiza los resultados de los trabajos de Simons 2002 y Sejas 2004, realizados en “La Violeta”, para el estado de leche del grano son similares en los dos ensayos; al estado de 15% de emergencia de espigas los resultados son inferiores, debido principalmente al menor porcentaje de materia seca que presenta el forraje en ese estado de desa-

rollo, siendo el mismo de mejor calidad nutricional.

En condiciones tan contrastantes a “La Violeta”, como son las condiciones del altiplano central de Oruro, en el periodo agrícola 2001-2002, se realizó un trabajo agrónomo cuyos resultados se detallan en el siguiente cuadro. Según el cuadro 2, la línea de cebada capuchona L-9 superó significativamente a las líneas L-1, L-4 y L-6 en producción de materia seca; las líneas L-13 y L-12 y las variedades Gloria y CEAC, alcanzan el mismo nivel de producción de la línea L-9, catalogada como la mejor opción en este trabajo en el Altiplano Central de Oruro.

En la variable altura de planta, la línea de cebada capuchona L-13 superó significativamente a las líneas L-1, L-4, L-6 y a la variedad testigo Gloria. Las líneas L-9, L-12 y el cultivar CEAC, alcanzan el mismo nivel de la línea 13 en una característica que es importante de considerar en la selección de germoplasma con fines forrajeros. Cabe recalcar que los cultivares Gloria y CEAC son cebadas aristadas, las cuales como se dijo anteriormente, ocasionan problemas de consumo en la alimentación animal.

Cuadro 2. Rendimiento en materia seca t/ha y altura planta (cm) para líneas de cebada capuchona en Condoriri-Oruro, 3830 msnm (2001-2002).

Líneas y/o cultivar	Materia seca (t/ha)	Altura de planta (cm)
Capuchona L-1	5.53 c	102.30 c
Capuchona L-4	8.11 bc	114.64 bc
Capuchona L-6	6.59 bc	102.34 c
Capuchona L-9	11.96 a	128.31 ab
Capuchona L-12	8.59 abc	117.66 ab
Capuchona L-13	9.67 ab	133.48 a
cv. Gloria (testigo)	8.32 abc	101.78 c
cv. CEAC (testigo)	9.73 ab	119.41 ab

Valores con letras diferentes, en cada columna, difieren estadísticamente según la Prueba de Duncan ($p \leq 0.05$). Fuente: Barrientos, E., Gonzáles, M. (2002).

Otro trabajo en la misma zona (Huarachi, 2003), trabajando con épocas de siembra, encontró que la siembra efectuada el 29 de octubre de 2002, superó significativamente en producción de materia seca a la siembra realizada el 14 de noviembre del mismo año, lo cual se puede atribuir a las condiciones de distribución hídrica durante el desarrollo del cultivo principalmente. En las dos épocas de siembra, la línea de cebada capuchona L-13 superó con diferencias significativas a las demás líneas y variedades en estudio en producción de materia seca, es de destacar que en esta campaña los resultados son excelentes para todos los materiales de cebada estudiados (cuadro 3).

Otros resultados en la misma línea de trabajo, se recopilan del trabajo de Colque (2004) efectuado en el departamento de La Paz. Así, según el cuadro 4, la tercera época de siembra (02-12-02) superó significativamente en producción de materia seca a las épocas 1 y 2, debido principalmente a las mejores condiciones climáticas que favoreció el desarrollo de la cebada para producción de forraje.

No se registró diferencias significativas entre los materiales estudiados para las tres épocas de siembra, lo que demuestra el potencial para producción de forraje de las líneas introducidas.

Cuadro 3. Rendimiento de materia seca t/ha de líneas y cultivares de cebada en dos épocas de siembra en Condoriri-Oruro, 3830 msnm (2002-2003).

Líneas y/o cultivar	Época de siembra 1 (29 de octubre)	Época de siembra 2 (14 de noviembre)
Capuchona L-13	14.66 a	12.13 <u>a</u>
cv. CEAC (testigo)	11.19 b	10.35 <u>b</u>
Capuchona L-9	10.87 b	9.37 <u>b</u>
Capuchona L-1	12.26 b	9.87 <u>b</u>
cv IBTA 80 (testigo)	13.22 ab	9.06 <u>b</u>
Promedio	12.44 A	10.15 B

Valores con letras diferentes, en cada columna, difieren estadísticamente según la Prueba de Duncan ($p \leq 0.05$). Fuente: Huarachi, H. 2003.

Cuadro 4. Rendimiento de materia seca t/ha de líneas y variedades de cebada en tres épocas de siembra, Janko Marca Sirpa, Pacajes (La Paz, a 3805 msnm, 2002-2003).

Líneas y/o cultivar	Época 1 (04-11-002)	Época 2 (18-11-2002)	Época 3 (02-12-2002)
Capuchona L-9	4.99 a	5.38 a	8.29 a
Capuchona L-13	4.69 a	5.30 a	7.56 a
c.v. Gloria	5.30 a	5.42 a	7.55 a
19 IBYT L-18	5.52 a	5.88 a	9.62 a
22 IBON L-136	5.43 a	7.10 a	8.90 a
22 IBON L-144	5.92 a	5.42 a	9.73 a
LOCAL	4.88 a	5.37 a	9.45 a
Promedio	5.25 B	5.69 B	8.72 A

Valores con letras diferentes, en cada columna, difieren estadísticamente según la Prueba de Duncan ($p \leq 0.05$). Fuente Colque, J. 2004.

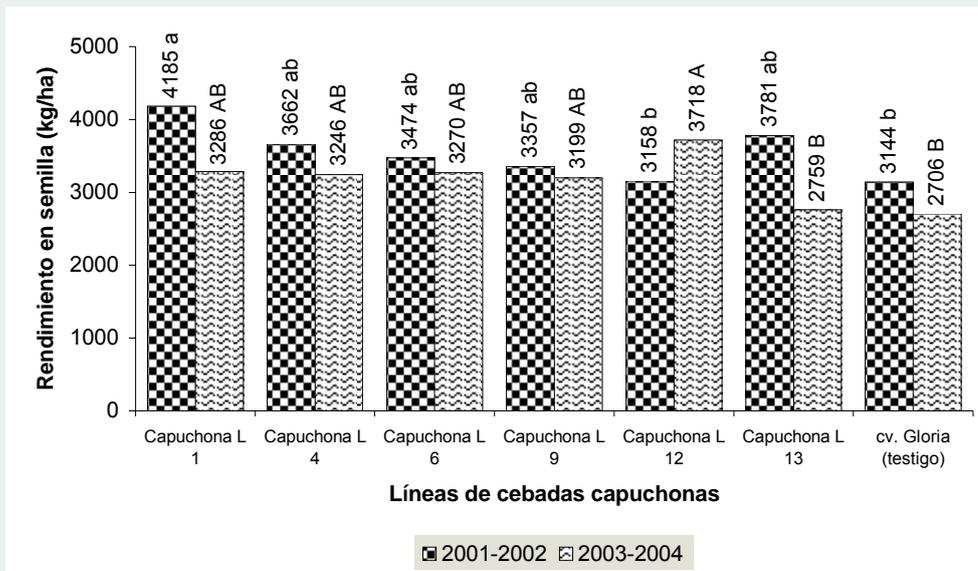


Figura 3. Rendimiento en semilla (kg/ha), en líneas de cebadas capuchonas en dos campañas agrícolas en “La Violeta”, Cochabamba.

Valores con letras diferentes, difieren estadísticamente según la Prueba de Duncan ($p \leq 0.05$), dentro de cada campaña agrícola. Fuente: Simons, 2002 (trabajo sin publicar), Peralta 2005.

En cuanto a producción de semilla se refiere, los resultados obtenidos por Simons (2002), son relativamente superiores a los obtenidos por Peralta (2004), esta diferencia numérica se puede deber a las condiciones climáticas negativas registradas el año 2004, básicamente granizadas que ocasionó acame en el ensayo, siendo la línea L-13 y la variedad Gloria los que sufrieron mayor daño por ser relativamente más tardías. De modo general, se puede mencionar que los rendimientos de semilla son satisfactorios para las cebadas capuchonas (figura 3).

3. Conclusiones

- Después de seis años de estudio, partiendo de la introducción y pasando por etapas de selección, evaluación a nivel CIF (producción de forraje y semilla) y validación en las zonas del altiplano (producción de forraje) y otras zonas y trabajos que no se detallan en el presente documento por cuestión de espacio; dados los resultados obtenidos, se procedió a la multiplicación de semilla prebásica y

descripción varietal de la línea de cebada capuchona L-13; con cuyo respaldo se procedió a la respectiva inscripción al Programa Nacional de Semillas, a través de la Oficina Regional de Semillas Cochabamba con el nombre de variedad Monalisa, la cual tiene mucha aceptación a nivel de pequeños productores semilleros en el municipio de Tiraque, zona tradicionalmente cebadera en el departamento de Cochabamba.

- Los agricultores y/o ganaderos de los valles y el altiplano ven a esta variedad con buenas expectativas para la alimentación animal por la ausencia de aristas en las espigas, por presentar buena altura de planta y sanidad vegetal.
- Por la importancia que presenta este tipo de materiales el Programa Cereales Menores del CIF realizó la entrega de semilla básica del nuevo cultivar de cebada a SEFO, para su posterior multiplicación y difusión a nivel nacional.

4. Presente y futuro para las cebadas capuchonas

Actualmente la variedad de cebada capuchona Monalisa constituye la única en su género a ser comercializada a nivel nacional por la Empresa de Semillas Forrajeras SEFO, las líneas L-1, L-4, L-6, L-9 y L-12 se encuentran formando parte del banco de germoplasma del CIF, las mismas servirán como progenitores para transferir el carácter de espiga sin aristas a variedades de excelentes características forrajeras con espiga aristada.

El Programa Cereales Menores del CIF, a la fecha ejecuta un proyecto de cruzamientos de cebadas capuchonas con cebadas forrajeras aristadas, las mismas que se encuentran en diversas fases de mejoramiento, existiendo materiales en fases F₂, F₃ y F₄ los mismos que después de ser estabilizados y seleccionados como prioritarios se someterán a pruebas de validación a nivel de valles y altiplano en el país. El futuro de esta clase de materiales es prometedor, puesto que los ganaderos usuarios de cebadas forrajeras en la alimentación animal, dispondrán de variedades sin aristas de excelentes características agronómicas.



Referencias

- Barrientos, E., Gonzáles, M. 2002. Evaluación forrajera de líneas de cebada capuchona. **En:** Informe Anual de Actividades del Centro Agropecuario Condoriri, Oruro Bolivia.
- Colque, J. 2004. Evaluación de variedades y líneas de cebada (*Hordeum vulgare* L.) bajo tres épocas de siembra en la localidad de Janko Marca Sirpa, provincia Pacajes, departamento de La Paz. Tesis Ing. Agr. FCA-UMSA. La Paz, Bolivia. 83 p.
- Huarachi, H. 2003. Evaluación de líneas y variedades de cebada (*Hordeum vulgare* L.), para forraje en dos épocas de siembra en el Centro Agropecuario Condoriri (CEAC). Tesis Ing. Agr. FCAPyV-UTO. Oruro, Bolivia. 87 p.
- Peralta, H. 2005. Densidades de siembra de líneas de cebadas capuchonas (*Hordeum vulgare* L.) para producción de semilla en el valle central de Cochabamba. Tesis Ing. Agr. FCAyP-UMSS. Cochabamba, Bolivia. 80 p.
- Sejas, R. 2004. Evaluación forrajera de cebadas capuchonas en siembras puras y asociadas con leguminosas forrajeras en dos momentos de corte. Tesis Ing. Agr. FCAyP-UMSS. Cochabamba, Bolivia. 87 p.

Nueva opción del CIF en cebada forrajera: variedades capuchonas (derecha) como opción a las tradicionales aristadas (izquierda).

Las cebadas capuchonas, al no tener aristas, pueden ser consumidas por el animal hasta cuando el grano está maduro, sin que esto le cause ningún problema.

Descriptor Varietal Cebada capuchona variedad “Monalisa”

Especie: *Hordeum vulgare*

1. NOMBRE DE LA VARIEDAD:

Monalisa

2. FUENTE:

ICARDA – CIMMYT - MEXICO

3. LINAJE:

**MARCO/ FRAGIL//CALI92/3/GLORIA-
BAR/COME-B//ESPERANZA**

4. AÑO DE LIBERACIÓN:

2005

5. INSTITUCIÓN OBTENTORA:

Centro de Investigación en Forrajes “La Violeta”

6. CARACTERÍSTICAS DE LA PLANTA

- Hábito de crecimiento de la planta: **Erecto**
- Posición de las hojas: **Erectas**
- Longitud de lámina hoja bandera (cm): **16 - 18**
- Ancho de lámina hoja bandera (cm): **1.8 – 2.0**
- Longitud de lámina foliar (cm): **28 - 30**
- Ancho de lámina foliar (cm): **2.0 – 2.2**
- Color del tallo: **Verde amarillento**
- Pubescencia de lámina de la hoja: **Ausente**
- Pubescencia de la vaina de la hoja: **Ausente**
- Color predominante de la lígula: **Blanco**
- Color predominante de la aurícula de la hoja bandera: **Blanco**
- Altura media (cm): **110 - 112**
- Días a floración: **70**
- Días a madurez fisiológica: **100 - 150**

7. CARACTERÍSTICAS DE LAS ESPIGAS

- Longitud de la espiga (cm): **10**
- Forma de la espiga: **Fusiforme**
- Densidad de la espiga: **Densa**
- Número de granos por espiga: **65 - 68**
- Color de la espiga: **Amarillo dorado**
- Color de las aristas: **AUSENCIA DE ARISTAS**
- Tamaño de las aristas (cm): **AUSENCIA DE ARISTAS**

8. CARACTERÍSTICAS DE LAS SEMILLAS

- Color de la semilla: **Amarillo dorado**
- Textura del grano: **Amiláceo**
- Forma de la semilla: **Elíptica**
- Tamaño de la semilla (mm): **10 - 11**
- Llenado del grano: **Lleno**
- Peso de mil granos: **35.70 g.**

9. REACCIÓN AL ACAME:

Moderadamente Susceptible

10. REACCIÓN AL DESGRANE: **Moderadamente resistente**

11. RESISTENCIA A ENFERMEDADES E INSECTOS

- Roya de la hoja: **Resistente**
- Roya amarilla: **Resistente**
- Carbón volador: **Resistente**



Campo de producción de semilla comercial de cebada capuchona, cv. Monalisa, en Sankayani (Tiraque, Cochabamba), a más de 3500 msnm.

El tagasaste (*Chamaecytisus proliferus* ssp. *palmensis*), experiencias en la multiplicación y adaptación en los valles de Cochabamba

Félix Rodríguez¹, Ruddy Meneses², José Espinoza³, Carlos Rojas⁴, Brian G. Sims⁵

¹ Investigador Proyecto PROFOCE, ² Coordinador Proyecto Rhizobiología Bolivia, ³ Investigador CIF-UMSS, ⁴ Ex tesista CIF-UMSS, ⁵ Investigador Instituto de Investigaciones de Silsoe, Inglaterra (SRI)

Resumen

A través del Centro de Investigación en Forrajes “La Violeta” y el Proyecto Rhizobiología Bolivia, a fines de los años 1990, se introdujo la especie tagasaste del INIA de Chile. Por su condición de especie nueva en el medio, se inició el trabajo con estudios básicos en dos fases: metodologías para optimizar la producción de plantines y evaluación del establecimiento en campo definitivo. La primera fase se realizó en el CIF “La Violeta” y la segunda en las localidades de Payrumani (provincia Tiraque, Cochabamba) y en el Altiplano Central de La Paz (Ventilla y Patacamaya). Los resultados mostraron que el mejor sustrato para la germinación es la arena y en condiciones de invernadero; asimismo se evidenció que la poda de raíces al momento del trasplante tiene su efecto positivo en el posterior desarrollo y establecimiento de los plantines. En cuanto a adaptación, se evidenció que esta especie es promisoriosa para zonas altas y es resistente a las heladas, aunque su desarrollo bajo estas condiciones es lento. Se sugiere su difusión a zonas templadas (eje Mizque Arani en Cochabamba y valles de Tarija) buscando optimizar la producción de semilla que es la limitante actual de la especie en nuestras condiciones.

1. Introducción

La condición predominante en los valles interandinos de Bolivia es de clima seco (precipitación de 350 a 800 mm/año), fresco (temperatura promedio anual de 7 a 10°C) y seco (humedad relativa promedio anual de 35 a 60%). Desde el punto de vista de la producción de forraje para las diversas clases de ganado (ovinos, caprinos, bovinos, equinos, camélidos), el problema más preocupante es la sequía que dura a veces hasta ocho meses a partir de abril. La deficiencia creciente de forraje durante el periodo de escasa precipitación frecuentemente resulta en el sobrepastoreo, la muerte de animales, o la venta prematura de animales (sobre todo bovinos) de trabajo (Augstburger, 1990).

A partir del año 1998, iniciativas de los proyectos Rhizobiología Bolivia, Laderas, Profoce, y del Centro de Investigación en Forrajes “La Violeta”, en contacto con el Ing. Fernando Fernández del INIA (Instituto Na-

cional de Investigaciones Agropecuarias) de su estación experimental Quilamapu en Chillán, Chile, lograron la introducción, por primera vez en la región, del árbol tagasaste (*Chamaecytisus proliferus* ssp. *palmensis*) para tener una fuente alternativa de forraje de alto valor para producción permanente durante el año en zonas de altura. A la fecha, esta especie se ha establecido como una opción de leguminosa entre barreras de protección en terrenos de ladera en zonas altas de los valles de Cochabamba. El objetivo del presente artículo es describir como se introdujo esta especie en Bolivia y cómo se la manejó a nivel de propagación en vivero a la vez describir cómo se ha desarrollado en el campo. Si bien el estudio es preliminar, pretende dejar antecedentes en la medida de ser la primera experiencia con esta especie en el país, de tal modo que la información servirá para promover estudios más amplios en distintas regiones del país. El tagasaste es un miembro de la sub familia Papilionoideae de la familia Leguminosae.

2. Materiales y métodos

El presente trabajo describe dos fases, producción de plántulas a nivel de vivero y establecimiento en campo en terrenos con pendiente, entre terrazas. La multiplicación de tagasaste en el valle de Cochabamba estuvo a cargo del Centro de Investigación en Forrajes CIF y el Proyecto Rhizobiología Bolivia. Las pruebas de adaptación de tagasaste, las realizó el proyecto PROFOCE en la comunidad de Payrumani (provincia Tiraque), ubicada a 91 km. de la ciudad de Cochabamba (carretera antigua a Santa Cruz). Las características de clima de los dos sitios se dan en el cuadro 1.

El ciclo meteorológico en la comunidad de Payrumani, se caracteriza por una época seca y fría entre los meses de mayo a octubre y una época lluviosa de noviembre hasta abril, lapso en el que ocurren el 85% de las precipitaciones. Por otra parte, en La Violeta los meses de noviembre a marzo son los de mayor aporte lluvioso. El presente trabajo reporta información sobre dos actividades centrales:

Trabajos a nivel de vivero e invernadero.
Establecimiento en campo.

a) Trabajos a nivel de vivero e invernadero en “La Violeta”

El ensayo se realizó en “La Violeta” e inició en octubre de 1998 con la fase de germinación y crecimiento inicial y concluyó en enero de 1999. Las evaluaciones en campo definitivo abarcaron hasta mediados del año 2000. Las condiciones climáticas prevalentes

durante todo el ensayo fueron normales en función al promedio de la zona. En comparación con las temperaturas ambientales, en invernadero éstas fueron más elevadas, así la mínima promedio fue de 9.1°C y la máxima de 33.8°C. Se evaluó los factores sustrato y ambiente para la germinación y desarrollo de plántulas de tagasaste en las primeras fases de desarrollo vegetativo en condiciones del valle central de Cochabamba.

Sustrato: dos tipos de sustrato:

- Arena pura (procedente del río Viloma de Cochabamba).
- Mezcla de arena, suelo del lugar y materia orgánica, en proporción 2:2:1.

Ambiente: dos ambientes para el desarrollo de plántulas:

- Vivero tradicional.
- Invernadero.

El cuadro 2 presenta datos del análisis de suelos empleados como sustrato. En el material vegetal, se realizó una prueba de germinación en laboratorio con semilla escarificada tal como llegó del INIA. La prueba duró 10 días y reportó como resultado una germinación del orden del 94% con 6% de mortandad de semilla. Esta semilla llegó de Chile ya escarificada en máquina escarificadora durante 15 minutos, esta tarea se realiza con un lijado de la cubierta de las semillas y un debilitamiento de las capas duras porque la semilla de esta especie tiene la característica de una dureza física bien marcada (Ovalle *et al.* 1999).

Cuadro 1. Características climatológicas de los sitios de multiplicación y adaptación del tagasaste en Bolivia, 1999.

Sitios	La Violeta	Payrumani
	Tiquipaya	Tiraque
Altura msnm	2680	3400
Precipitación media anual (mm)	544	558
Temperatura media anual (°C)	16	8.4

Cuadro 2. Análisis físico / químico de tres tipos de suelo empleados como sustratos de germinación y crecimiento para tagasaste. "La Violeta", 1998.

Tipo de suelo	MO %	N %	P ppm	pH
Mezcla de tierra, arena y materia orgánica	3.0	0.1	57.0	7.4
Suelo del lugar	1.5	0.1	2.3	8.8
Arena roja de Viloma	0.4	0.3	1.3	8.2

Este reporte considera tres fases de trabajo:

(i) **Germinación de la semilla.** La prueba de germinación de semillas se realizó en dos tipos de recipientes; cajas de madera (de 30 cm de largo por 30 cm de ancho y 15 cm de alto); y macetas (bolsas negras de 20 cm de alto por 5 cm de diámetro). La profundidad de siembra fue del doble del tamaño de la semilla. La evaluación de germinación se realizó al mes de la siembra.

(ii) **Prendimiento y crecimiento en el repique (trasplante).** Al momento del repique de plantas producidas en caja y maceta de ambos ambientes, se realizó la prueba de repique con y sin poda de raíces (cuando las plantas alcanzaron 10 cm de altura). La poda consistió en cortar las raíces secundarias y dejar solamente la principal con una longitud no mayor a los 12 cm. El sustrato utilizado para el repique fue la mezcla de arena, tierra del lugar y materia orgánica, similar al empleado en la prueba de germinación. La evaluación de supervivencia se realizó a los 2 meses después del repique. El monitoreo del crecimiento de plantas a partir del repique se realizó durante dos meses, tomando la altura de planta desde la base (cuello de la planta) hasta el ápice. Estas plantas repicadas con poda de raíces se compararon con plantas provenientes de una siembra directa en macetas que no sufrieron repique.

(iii) **Evaluaciones en campo definitivo.** Se transplantaron a campo definitivo 26 plantas de vivero y 22 de invernadero; en ambos casos plantas provenientes de siembra directa a macetas. De plantas repicadas con poda de raíces, se transplantaron 45 plantas de vivero y 45 de

invernadero. Al final de la evaluación en campo definitivo (a los dos meses del trasplante), sin tomar en cuenta el ambiente de procedencia, se tuvo 37 plantas de siembra directa y 83 plantas con poda de raíces.

b) Establecimiento en campo

Se estableció un lote pequeño de plantines de tagasaste el 16 de mayo de 2000, al mismo momento de la siembra temprana (*mishka*) de haba. El suelo donde se establecieron las plantas en la comunidad Payrumani, tiene drenaje externo de mediano a rápido, moderadamente bien drenado, libre de sales, con textura franco a franco/arcillosa, con pH de 5.9 a 6.2.

La plantación de tagasaste fue en tres curvas de nivel a una distancia de 5 m entre plantas y 10 m entre hileras. Esta distribución sujeta al establecimiento de barreras vivas de pasto brasilero (*X. Phalaris*) asociadas con leguminosas, sirviendo el tagasaste para distinguir las asociaciones en cada curva de nivel (Rodríguez y Simms, 2001). La parcela sembrada con haba fue regada según la práctica del agricultor y las plantas de tagasaste ubicadas al centro de la parcela del cultivo de haba estuvieron protegidas contra daño de animales. Al momento de la plantación, se realizó la poda de raíces que sobresalían de la bolsa plástica. Al mismo tiempo, se evidenció la abundante nodulación de las raíces. El tagasaste fue plantado en hoyos de 0.40 x 0.40 x 0.50 m incorporando guano fresco de vaca (0.5 kg por planta) mezclado con tierra en la parte inferior del hoyo. Se aplicó un riego después de la plantación. La parte aérea de las plantas no fue podada.

A nivel de zonas altas, se realizó plantaciones piloto en el altiplano norte de La Paz, teniéndose resultados preliminares sobre la adaptación del tagasaste en estas condiciones.

3. Resultados

a) Factores para multiplicación de tagasaste a nivel de vivero y establecimiento en campo (Rojas, 2000)

Germinación de la semilla. El cuadro 3 muestra el porcentaje de germinación bajo efecto de los ambientes y sustratos considerados.

El mejor sustrato para la germinación en los dos ambientes resultó ser arena independientemente del contenedor (maceta o caja), el sustrato clásico (mezcla de arena con tierra del lugar y materia orgánica, proporción 2:2:1) fue perjudicial para la germinación y la sobrevivencia de las plántulas emergidas del tagasaste. La textura y fácil drenaje de la arena fueron determinantes para los resultados señalados.

En cuanto al ambiente, las condiciones ambientales en el invernadero favorecieron en bajo grado la germinación de las semillas de tagasaste, debido probablemente a un mayor efecto de las temperaturas altas a causa de la cubierta de calamina plástica del invernadero. En todo caso, el sustrato tuvo el mayor efecto para la germinación del tagasaste. La germinación de semilla colocada directamente en maceta no tuvo dificultades.

Prendimiento y crecimiento en el repique (trasplante). La poda de raíces al momento del repique (a los 45 días después de la siembra) fue fundamental para la sobrevivencia de las plántulas de tagasaste. Sin ésta práctica se tuvo tasas de mortandad superiores al 90 %.

Con la poda se redujo a cero, independientemente del ambiente de crecimiento. El repique directo (sin poda) tuvo serios problemas por enfermedades fungosas al nivel de las raíces no podadas. No se pudo determinar exactamente el agente causal, pero aparentemente estuvo ligado a elevadas concentraciones de humedad y la no-renovación de tejidos.

En cuanto a la supervivencia al repique, se compararon las plantas provenientes de siembra directa (no transplantadas) y las de repique con poda de raíz, existiendo diferencias. El cuadro 4 presenta estos datos, para los dos ambientes y los dos tipos de procedencia.

El tratamiento que tuvo mayor cantidad de plantas supervivientes, durante los dos meses de evaluación, fue el que manejaba plantas con poda de raíces en comparación a la siembra directa a macetas, sin trasplante. Las plántulas repicadas con poda de raíces a más de no tener un estrés fuerte, se vieron motivadas en el desarrollo de raicillas secundarias. Las condiciones de invernadero exigen mayores demandas a las plantas que crecen en este ambiente. Eso pudo haber provocado una menor supervivencia, en especial con plantas provenientes de siembra directa.

Con las plántulas repicadas con poda de raíces, y a partir del repique se midió el crecimiento con la altura de planta. La figura 1 muestra la evolución de este parámetro a lo largo de dos meses en condiciones de vivero.

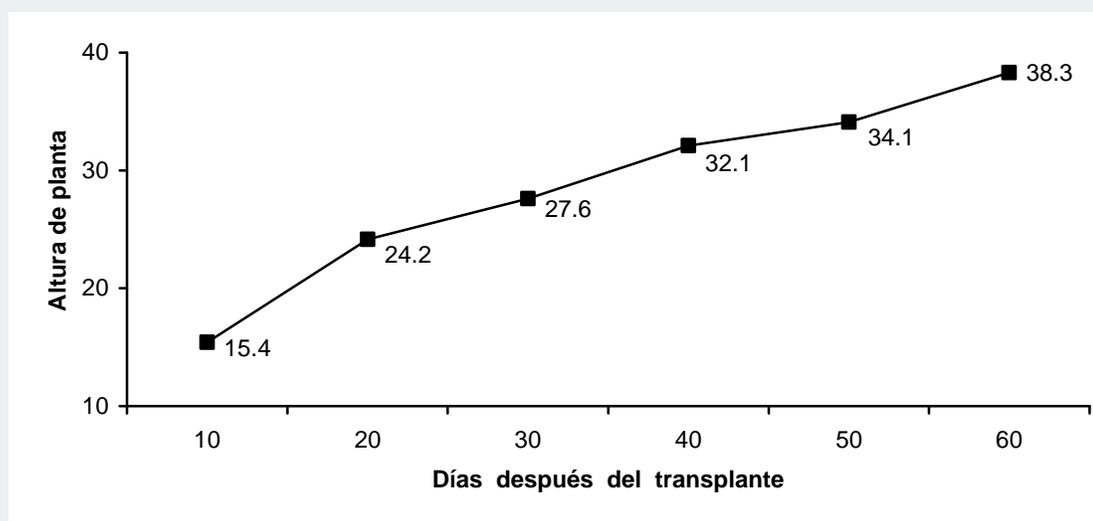
En invernadero la tendencia fue similar. Cada punto de la figura es la media de 50 macetas. Se puede generalizar que se requieren 2 meses de crecimiento y/o 40 cm de altura de planta antes del trasplante a campo definitivo.

Cuadro 3. Germinación (%) de semillas de tagasaste en dos ambientes. “La Violeta”, 1998.

Sustrato	Recipiente	Ambiente		Promedio
		Vivero	Invernadero	
Arena pura (Viloma)	Caja	76	79	77
	Macetas (siembra directa)	80	83	81
	<i>Promedio</i>	78	81	79
Mezcla arena, tierra del lugar y materia orgánica	Caja	9	14	11
	Macetas (siembra directa)	20	27	23
	<i>Promedio</i>	15	21	17

Cuadro 4. Porcentaje de supervivencia de plántulas de tagasaste, a 60 días de evaluación, en dos ambientes y de dos procedencias: sin repique y repicadas con poda de raíces. “La Violeta”, 1998.

	Ambiente		Promedio
	Vivero	Invernadero	
Plantas no repicadas	76	77	77
Repique con poda de raíces	100	84	92
<i>Promedio</i>	88	80	84

**Figura 1.** Altura de planta (cm), en vivero, de plántulas de tagasaste repicadas con poda de raíces. “La Violeta”, 1998.

Evaluaciones en campo definitivo

Supervivencia de plantas: A 2 meses del trasplante, se realizó la evaluación de supervivencia sin tomar en cuenta el ambiente de procedencia. Se alcanzó un promedio del 85 % de supervivencia, en condiciones de suelos de

“La Violeta”. Este valor bajó notablemente al cabo de doce meses de desarrollo en campo definitivo, la mortandad de plantas adultas fue incrementándose, llegando a quedar solo 48 de las 120 que se tenían al cabo de dos meses, es decir una mortandad equivalente a 60%. Debe señalarse que el trasplante se hizo en suelos

altamente arcillosos (35%), con mínima pendiente (1%), ello motivó excesos de retención de humedad en el suelo, lo que perjudicó a las plantas transplantadas. El tagasaste es una especie susceptible al exceso de agua.

Crecimiento de plantas: Se tomaron lecturas de altura de planta durante dos meses en campo definitivo. Las lecturas se realizaron en la totalidad de plantas transplantadas, tanto al inicio como al final de la evaluación. En esta fase se tuvo un promedio de 0.36 cm diarios de crecimiento.

b) Adaptación en las cabeceras de valle de Tiraque

Plantas de tagasaste en macetas con sustrato clásico que fueron proveídas por el CIF con una edad aproximada de dos años, se establecieron en medio de barreras vivas asociadas en mayo de 2000, como parte de los trabajos de investigación participativa del proyecto PROFOCE.

Supervivencia de las plantas. La evaluación del porcentaje de prendimiento de las plantas fue realizada a los 30 y 60 días después de la plantación registrándose un 100% de prendi-

miento. Fue necesario incorporar tutores en las plantas de tagasaste por mostrarse con alturas superiores a los 1.5 m y bastante delgadas con pocas ramas. Esta actividad permitió a las plantas resistir los vientos de junio y julio. En la época invernal (mayo a julio) las temperaturas bajas registradas provocaron el quemado de los ápices foliares. Sin embargo, este daño no perjudicó la supervivencia final de las plantas.

Crecimiento de las plantas. Las alturas de las plantas establecidas se indican en el cuadro 5. Estas fueron registradas al momento de la plantación (mayo 16, 2000) hasta mayo 2001. Según el cuadro 5, se registraron incrementos de altura en la mayoría de las plantas a pesar de los efectos del quemado de ápices durante el invierno. No se realizó ningún tipo de manejo de las plantas esperando su establecimiento hasta pasado el primer año. No se reportó ningún tipo de presencia de plagas y/o enfermedades que pudieran afectar las plantas. El periodo de floración del tagasaste en Payrumani se produjo entre octubre a diciembre de 2000 en el total de las plantas. Esta floración fue muy abundante y no se apreció caída de flores, sin embargo no se obtuvo semilla por aborto floral, principalmente.

Cuadro 5. Lecturas de altura de planta en doce plantas de tagasaste, entre mayo 2000 y mayo 2001 en Payrumani, Tiraque.

Nro. de planta	Altura en metros			
	Plantación 16.05.92	a 190 días después de la plantación	a 258 días después de la plantación	a 360 días después de la plantación
1	1.95	1.90	1.96	2.31
2	1.80	1.90	2.80	2.36
3	1.13	1.00	1.29	1.82
4	1.07	1.04	1.23	1.41
5	1.96	2.11	2.33	2.63
6	1.06	0.88	0.93	1.10
7	1.82	1.92	2.40	2.22
8	1.86	1.82	1.82	2.12
9	1.32	1.44	1.52	1.77
10	2.62	2.64	2.73	2.45
11	1.70	1.92	2.21	2.49
12	1.90	1.90	2.13	2.27

El tagasaste pertenece a un complejo taxonómico nativo de las Islas Canarias (Francisco-Ortega *et al.*, 1991 citados por Wiley *et al.*, 1996). La morfología de los siete grupos del complejo muestra diferencias en la forma de las hojas y su grado de vellosidad y color; y el tamaño y forma de las semillas. Los grupos son relacionados a sistemas y ecosistemas particulares, caracterizados por precipitación, altura, pH y textura del suelo. Por lo tanto es muy probable que la colección de tagasaste en Tiraque contenga ejemplos de diferentes grupos morfológicos que explicarían las variaciones fenotípicas que se manifiestan también en el cuadro 5.

Criterios campesinos sobre el tagasaste. En septiembre 2000, se realizó un día de campo en la comunidad para mostrar las parcelas con barreras vivas asociadas. Se pudo observar que los agricultores mostraron gran interés por el tagasaste aún con la poca información provista. Una muestra de este interés es el testimonio de Leónidas Colque dueño de la parcela:

"A lo que estoy viendo esta planta como lo llaman tagasaste ha soportado el frío y se ha prendido sin ningún problema. Yo personalmente quiero aprender y conocer sobre el manejo de esta planta y también quiero saber si es bueno como alimento para mis bueyes y ovejas".

c) Pruebas preliminares de adaptación del tagasaste en el altiplano de La Paz

En el año 2004, el CIF entregó plantas de tagasaste para las localidades de **Ventilla** (3900 msnm, 350 mm/año de precipitación y 9°C de temperatura media anual) y **Patacamaya** (3800 msnm, 330 mm/año de precipitación y 11°C de temperatura media anual) en el Altiplano Central del departamento de La Paz.

A manera de resultados preliminares sobre la adaptación de esta especie, a condiciones del altiplano, se evidenció a los dos meses del transplante, un 100% de prendimiento en

ambas localidades. Si bien el ritmo de crecimiento en esta zona es lento, en comparación a los valles, la especie demostró condiciones para seguir siendo evaluada en miras a su introducción en estas zonas donde el forraje es escaso y más aún cuando en lo que a arbustos leguminosos se refiere.

Conclusiones

- Para la multiplicación de tagasaste, se requiere utilizar semilla escarificada para hacerla germinar en sustrato de arena pura, dando condiciones de drenaje óptimo.
- Para el repique de plántulas de tagasaste, se debe podar raíces, esto motiva la renovación de tejidos y ayuda a la planta en su prendimiento.
- Se requiere un mínimo de dos meses (desde la siembra y pasando por el repique) para la obtención de plantines de tagasaste listos para transplante a campo definitivo.
- El tagasaste no soporta excesos de humedad por lo que su plantación deberá realizarse en suelos con drenaje adecuado y con pendiente que facilite la eliminación del exceso de agua.
- En Tiraque, el tagasaste si bien no tuvo problemas de prendimiento, si tuvo limitaciones en aspectos reproductivos por presentar aborto floral pronunciado.
- El tagasaste despertó mucho interés en los agricultores de la zona, bajo manejo de terrenos en pendiente en terrazas de protección.

Recomendaciones

- El tagasaste se destaca como leguminosa arbustiva potencial para zonas altas, secas y frías de nuestro medio.
- La incorporación del tagasaste a prácticas vegetativas de conservación del suelo como barreras vivas de gramíneas, enriquece el valor nutritivo de estas y al mismo tiempo fortalece su estabilidad física en laderas.

- La creciente adopción de barreras vivas de pasto y leguminosas para la conservación de suelo y agua y producción de forraje, abre la posibilidad de incorporar plantas de tagasaste en ellas como una fuente de forraje de buena calidad capaz de suministrar al ganado durante todo el año. Al mismo tiempo el enriquecimiento de linderos por medio del establecimiento de tagasaste es una alternativa más. Estas dos aplicaciones del tagasaste como una especie en sistemas agroforestales ya han sido discutidas con agricultores y han despertado un interés marcado.
- Ahora lo fundamental, y aparentemente limitante, es producir semillas de esta especie en nuestras condiciones, para ello el establecimiento de huertos madre de producción es tarea básica para promover esta especie. Los valles de Tarija y en Cochabamba el eje Mizque - Tiraque, parecen ser zonas con alto potencial para este propósito.
- Finalmente, una evaluación de la incidencia de enfermedades y plagas en tagasaste, es una actividad relevante por cuanto se han visto muchos problemas al respecto, tanto a nivel de vivero como a nivel de campo.

Referencias

- Augstburger, F. 1990. La ganadería y los equilibrios ecológicos. Desarrollo y medio ambiente. COTESU. La Paz, Bolivia. pp. 25-27.
- Ovalle, C., Fraga, A., Fernández, F., Avendaño, J. y Cortes, K. 1999. El Tagasaste en Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias - INIA Quilamapu. Chillan, Chile. 151 p.
- Rodríguez, F. y Sims, B. 2001. Barreras vivas asociadas para la conservación del suelo, agua y producción de forraje. Proyecto PROFOCE, Universidad Mayor de San Simón, Departamento para el Desarrollo Internacional (DFID). Silsoe Instituto de Investigación (SRI). Londres, RU. 4 p.
- Rodríguez, F. y Sims, B. 2001. Protegiendo nuestros suelos y produciendo forraje con barreras vivas asociadas. Proyecto PROFOCE, Universidad Mayor de San Simón, Departamento para el Desarrollo Internacional (DFID). Silsoe Instituto de Investigación (SRI). Londres, RU. 4 p.
- Rojas, C. 2000. Evaluación de factores para la obtención y crecimiento de plántulas de tagasaste (*Chamaecytisus proliferus* ssp. *palmensis*). Tesina ETSA-UMSS. Cochabamba, Bolivia. 42 p.
- Wiley, T., Oldham, C. and Allen, G. 1996. The agronomy and management of tagasaste. In: Tagasaste review workshop. February 27th. to March 1th. Cooperative Research Centre for Legumes in Mediterranean Agriculture. Australia. pp 15-60.



Inflorescencia de *Chamaecytisus proliferus* ssp. *palmensis* (tagasaste)



En un kg se tiene cerca de 45000 semillas de tagasaste



Plantas semilleras de tagasaste en Payrumani a 3400 msnm

Evaluación y caracterización agronómica de cultivares de amaranto (*Amaranthus caudatus* L.) para producción de forraje y grano ¹

Grober Ponce ², Franz Gutiérrez ³

¹ Extracto del borrador de tesis de grado del primer autor

² Ex tesista del CIF "La Violeta", ³ Investigador CIF "La Violeta"

Resumen

En la campaña agrícola 2003-2004, en el Fundo Universitario "La Violeta", se evaluó en forraje y grano ocho entradas de amaranto, de las cuales siete fueron proporcionados por el Departamento de Fitotecnia de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias (FCAYP-UMSS) y una por la Empresa de Semillas Forrajeras SEFO-SAM. En longitud de panoja, el ecotipo Tarija superó significativamente a los demás ecotipos en estudio. En altura de planta, el ecotipo Tarija y el cultivar Rosada superaron con diferencias estadísticas al resto de los materiales en estudio. Según el análisis de varianza, no existen diferencias significativas para producción de materia seca y grano entre las entradas en estudio. De las lecturas fenotípicas realizadas, se resume que la variabilidad entre las diferentes entradas de amaranto fue bastante amplia, variando tanto en color de tallos, hojas y panojas como también en el tipo de panoja, no existiendo prácticamente una variedad con más de dos características similares para los caracteres observados, lo que demuestra la inmensa gama de fenotipos que presenta esta especie, variabilidad que puede ser empleada para optimizar programas integrales de mejoramiento en esta especie, en nuestro caso desde el punto de vista forrajero.

1. Introducción

La producción de alimentos en el mundo enfrenta una problemática muy compleja. Por una parte el aumento de la población impone nuevos retos para la producción; por otra, los cambios en los patrones culturales y la tecnificación de la agricultura ha llevado a la reducción del espectro de los recursos vegetales utilizados en la alimentación del hombre.

En este contexto, el amaranto (*Amaranthus caudatus* L.) ha capturado el interés de quienes se han dado a la tarea de recuperar y revalorar algunos cultivos, que por diferentes razones han caído en el olvido y que tienen un prometedor potencial de explotación. La planta de amaranto es de buen valor nutritivo, pues tiene contenidos altos de proteínas de buena calidad y de minerales esenciales. El grano es excepcionalmente rico en lisina, uno de los aminoácidos esenciales, generalmente ausente en las proteínas vege-

tales. Esta planta tiene usos múltiples en la alimentación humana obteniéndose del grano harinas con las que se preparan galletas, dulces, tamales, tortillas, bebidas refrescantes, etc. y las hojas se consumen en estado tierno en reemplazo de hortalizas de hoja, con mayores ventajas nutritivas por el contenido de aminoácidos de fácil asimilación. También se utiliza como forraje, con resultados óptimos en la ganadería por su alto valor nutricional de las hojas (Guillen, 1990). Por otra parte, el amaranto pertenece a un grupo muy raro de plantas de crecimiento rápido y fotosíntesis eficiente. Estas plantas C4 crecen, en general, más rápidamente y responden bajo condiciones ambientales adversas y requieren menos de dos terceras partes de la humedad que absorben las plantas corrientes C3 (Flores, 1994). Esta característica de resistencia a la sequía podría resultar muy valiosa en áreas donde la falta de agua limita la producción agrícola.

Por lo expuesto, es necesario ampliar y difundir, este cultivo en nuestro país, dando una alternativa especialmente a las zonas rurales deprimidas, dada su rusticidad y amplio rango de adaptación, para así disminuir el índice de desnutrición y aumentar los ingresos de las zonas más pobres, además, otra utilidad que bien se puede aprovechar de este cultivo es la biomasa remanente que queda una vez cosechado el grano, la misma que puede ser utilizada para la elaboración de ensilaje para la alimentación animal. Así, estudios realizados en el CIF “La Violeta” por Camacho (2004) sobre conservación del amaranto como ensilaje puro y en mezcla con maíz y pasto elefante (*Pennisetum purpureum* cv. Camerún), reportan como conclusión que el uso del amaranto conservado como ensilaje permite afirmar que es una especie de alto valor nutritivo y de características apreciables, que se puede conservar como ensilaje y ofrecer al ganado un alimento de excelente calidad.

Los objetivos planteados con la investigación fueron:

- Evaluar el rendimiento de ocho cultivares de amaranto, en términos de producción de forraje y grano
- Caracterizar fenológica y agronómicamente los ocho cultivares de amaranto en condiciones del valle central de Cochabamba.

2. Materiales y métodos

El trabajo de investigación se realizó en la campaña agrícola 2003-2004, en el Fundo Universitario “La Violeta”.

La siembra se realizó por el método de chorro continuo en surcos de 5 m de largo distanciados a 0.70 m entre si con una densidad de 6 kg/ha, después de la germinación se procedió al raleo de plantas para dejar 2 plantas cada 20 cm.

Cultivares y metodología de evaluación

Se evaluaron ocho entradas de amaranto, de las cuales siete fueron proporcionados por el Departamento de Fitotecnia de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias (FCAYP-UMSS) y una por la Empresa de Semillas Forrajeras SEFO. El diseño utilizado fue de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Las variables de respuesta evaluadas estuvieron relacionadas con aspectos fenotípicos y productivos.

Cuadro 1. Nombre y procedencia de ocho entradas de amaranto evaluadas en el ensayo.

Entradas	Procedencia
Rosada	FCAYP-UMSS
Tamborada blanca	FCAYP
Oscar Blanco panoja guinda	FCAYP
Oscar Blanco	FCAYP
Ec. Tarija	FCAYP
Pairumani II	FCAYP
Kuntur rojo	SEFO-SAM
Consuelo peruano	FCAYP-UMSS

La evaluación de rendimiento en forraje se realizó cuando los granos alcanzaron la madurez fisiológica y las hojas basales de las plantas empezaron a secarse. Las panojas cosechadas para la evaluación en grano se colocaron en bolsas de papel las mismas que fueron secadas a la sombra para la posterior trilla.

Las lecturas fenotípicas se realizaron cada 15 días después del raleo de plantas.

3. Resultados y discusión

Realizado el análisis de varianza se establece que existen diferencias altamente significativas para longitud de panoja y altura de planta; no se registró diferencias estadísticas para rendimiento en materia seca y grano.

3.1. Longitud de panoja

Realizada la Prueba de Rango Múltiple de Duncan para esta variable, el ecotipo Tarija superó significativamente a las demás entradas en estudio, las mismas que no muestran diferencias estadísticas entre sí. La superioridad del ecotipo Tarija en este parámetro se atribuye a la característica genética y morfológica del ecotipo que presenta panoja laxa la cual se dobla a partir de su tercera parte inferior, llegando en algunos casos a alcanzar el nivel del suelo, cabe aclarar que la parte superior de la panoja en este ecotipo es delgada y con ramificaciones ralas contrariamente a las demás variedades que presentan panojas compactas.

Cuadro 2. Longitud de panoja para ocho entradas de amaranto evaluadas en el ensayo.

Entradas	Longitud de panoja (cm)	
Ec. Tarija	124.0	a
Tamborada blanca	74.5	b
Rosada	72.1	b
Consuelo peruano	66.5	b
Oscar Blanco	65.4	b
Pairumani II	63.9	b
Oscar Blanco panoja guinda	63.8	b
Kuntur rojo	63.6	b

Valores con letras diferentes, difieren estadísticamente según la Prueba de Duncan ($p \leq 0.05$).

3.2. Altura de planta

El análisis de varianza y la prueba de Duncan establecen que existen diferencias altamente significativas entre las entradas de amaranto en estudio. Según el cuadro 3, el ecotipo Tarija y la variedad Rosada con altura de planta de 2.60 m superan con diferencias estadísticas a los demás cultivares, un segundo grupo se conforma por las variedades Oscar Blanco, Consuelo peruano, Pairumani II y Oscar Blanco panoja guinda.

La altura de planta se consideró desde el nivel del suelo al extremo final de la panoja, en este caso la altura correspondiente al ecotipo Tarija se debe más a la longitud de la panoja. Se puede indicar que la variedad Rosada es la única variedad con mayor altura entre los materiales en estudio, puesto que, las panojas son erectas y no se doblan como en el caso del ecotipo Tarija.

Cuadro 3. Altura de planta para ocho entradas de amaranto evaluadas en el ensayo.

Entradas	Altura de planta (cm)	
Rosada	2.60	a
Ec. Tarija	2.60	a
Oscar Blanco	2.40	b
Oscar Blanco panoja guinda	2.30	b
Pairumani II	2.30	b
Consuelo peruano	2.30	b
Tamborada blanca	2.20	c
Kuntur rojo	2.10	c

Valores con letras diferentes, difieren estadísticamente según la Prueba de Duncan ($p \leq 0.05$).

3.3. Producción en forraje y grano

Según el análisis de varianza, no existen diferencias significativas para producción de materia seca y grano entre las entradas en estudio.

En producción de forraje, sin ser las diferencias significativas, alcanzaron mayores niveles de producción las entradas Pairumani II, Consuelo peruano y Oscar Blanco con rendimientos que superan las 12 t/ha (figura 1).

En producción de grano, las entradas Pairumani II, Kuntur rojo, Oscar Blanco y Consuelo peruano alcanzaron los mayores rendimientos (figura 2).

La falta de diferencias significativas indica que los materiales del presente estudio poseen el mismo potencial genético para producción de forraje y grano, sin embargo, las entradas Pairumani II, Consuelo peruano y Oscar Blanco sobresalen del resto (sin diferencias significativas) para las dos variables productivas evaluadas en el ensayo.

Al no presentar diferencias significativas en producción materia seca y grano, se puede asumir que tanto la altura de planta como la longitud de panoja no tienen influencia determinante en la producción de biomasa y grano.

3.4. Caracterización fenotípica

De las lecturas fenotípicas realizadas, se puede resumir que la variabilidad entre las diferentes entradas de amaranto, fue bastante amplia, variando tanto en color de tallos, hojas y panojas como también en el tipo de panoja, no existiendo prácticamente una variedad con más de dos características similares para los caracteres observados, lo que demuestra la inmensa gama de fenotipos que presenta esta especie (cuadro 4).

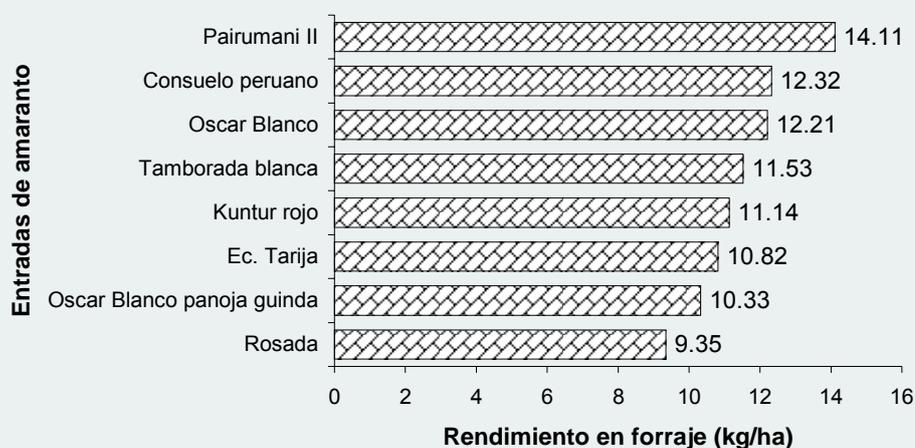


Figura 1. Rendimiento en base seca del follaje de ocho entradas de amaranto evaluadas en "La Violeta".

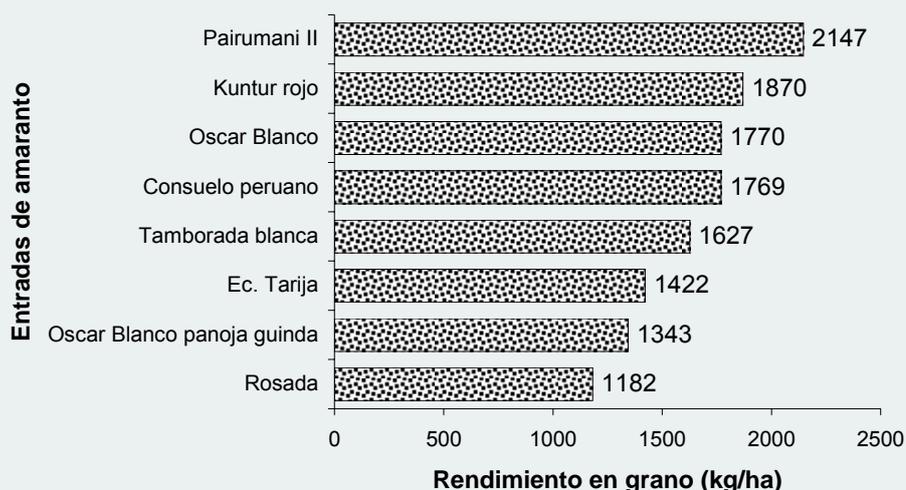


Figura 2. Rendimiento en grano para ocho entradas de amaranto evaluadas en "La Violeta".

Cuadro 4. Color del tallo, hojas, panoja y tipo de panoja para ocho entradas de amaranto evaluadas en "La Violeta".

Entradas	Color del tallo	Color de hoja	Color de panoja	Tipo de panoja
Rosada	Verde claro	Verde claro	Verde claro	Semi erecta compacta
Tamborada blanca	Verde amarillento	Verde claro	Verde claro	Erecta compacta
Oscar Blanco panoja guinda	Verde	Verde claro con jaspes rojos	Guindo	Erecta compacta
Oscar Blanco	Verde claro	Verde claro	Verde claro	Erecta compacta
Ecotipo Tarija	Verde amarillento	Verde claro con bordes rojizos	Rojizo claro	Laxa arracimada
Pairumani II	Verde amarillento	Verde claro	Rosado claro	Semi erecta, semi compacta
Kuntur rojo	Rojo	Verde rojizo	Rojo	Erecta compacta
Consuelo peruano	Verde amarillento	Verde claro	Rosado claro	Semi erecta compacta

4. Conclusiones

- Para la variable longitud de panoja, el ecotipo Tarija superó significativamente a las demás entradas en estudio, no existiendo diferencias estadísticas entre las mismas.
- El ecotipo Tarija y la variedad Rosada alcanzaron los mayores valores en altura de planta con diferencias significativas al resto de los cultivares; en el caso del ecotipo Tarija, la longitud de panoja contribuye notoriamente a este carácter.
- Para las variables cuantitativas, rendimiento en materia seca y grano no se observó diferencias estadísticas entre los materiales en estudio, alcanzando niveles de producción entre 9.35 a 12.32 t/ha de materia seca y entre 1182 a 2147 kg/ha de grano.
- Las variables fenotípicas (longitud de panoja y altura de planta), no se correlacionan con las variables productivas.
- La caracterización fenotípica, determinó que existe gran variabilidad entre los ma-

teriales en estudio, lo que puede permitir utilizar estas características con fines de mejoramiento genético de esta especie.

- Entre los cultivares en estudio, fenotípicamente, las entradas Oscar Blanco y Consuelo peruano, se mostraron como las más vigorosas; por ello se sugiere su consideración para futuros trabajos agronómicos.

Referencias

- Camacho, R. 2004. Conservación del amaranto (*Amarantus caudatus* L.) como ensilaje puro y en mezcla con maíz y pasto elefante. Tesis Ing. Agr. Universidad Mayor de San Simón. Cochabamba, Bolivia. 69 p.
- Flores, M. 1994. Rendimiento, calidad nutricional y volumen de expansión de grano en cinco colectas de amaranto, sometidos a fertilización potásica. Universidad de Chapingo. México. pp. 1-17.
- Guillen F. 1990. Caracterización y análisis de crecimiento de dos ecotipos de coime (*Amaranthus caudatus*) en condiciones de cultivo de campo. Tesis Ing. Agr. Universidad Autónoma Juan Misael Caracho. Tarija - Bolivia. 166 p.

Potencial de la *Vigna unguiculata* (cumanda) como opción agronómica para abono verde en condiciones de trópico húmedo

Ruddy Meneses¹, Hernán Campos¹, Yury Antezana¹
Abel Angola², Juana Quispe³, Franz Gutiérrez¹, Rodrigo Rodríguez¹

¹ Técnicos Proyecto OpUsLi, ² Tesista CATREN-UMSS, ³ Tesista CIF-UMSS

Resumen

Durante los años 2003 a 2005, en los meses de junio para adelante, en condiciones del trópico húmedo de Cochabamba (en el valle del Sacta), se evaluó diferentes leguminosas con fines de valorar su potencial como fuentes de abono verde para mejorar o incrementar la fertilidad de los suelos propios de estas zonas. Al cabo de los dos primeros años, el programa de investigación focalizó su trabajo en la especie *Vigna unguiculata* (conocida en nuestro medio como “frijol cambia” o caupí) la cual demostró un importante potencial productivo (biomasa y grano). Los rendimientos en biomasa superaron las 6 t/ha en base seca y en grano se alcanzó rendimientos mayores a 1.5 t, lo cual junto al bajo costo de semilla (en relación a otras leguminosas aptas para estas condiciones) hacen de esta especie un importante recurso que además de su productividad podría ser fuente importante de ingresos para un sector de pequeños agricultores que se dedican a su producción en pequeña escala en el oriente de Bolivia. Un incremento en su utilización, tendría un efecto multiplicador positivo de mucho alcance. Otras leguminosas en estudio (*Stizolobium* spp., *Glicine max*, *Lablab purpureus*) mostraron menor potencial y mayores limitaciones dado el costo de su semilla.

1. Introducción

La degradación física y química de los suelos es una problemática creciente en todas las áreas agrícolas de la región.

En nuestro país como regla general, los suelos contienen bajos niveles de materia orgánica (MO). Así en un trabajo de Valente y Oliver (1993) se reporta que en los valles solo un 34.0 % de muestras analizadas contenían más del 2 % de MO; un 34.3 % contenían menos de 1.0 % de MO y apenas un 3.0 % de las muestras contenían más de 3.0 % de MO. Otro ejemplo de limitantes edáficas se da con el fósforo; así, en promedio, el mismo estudio de Valente y Oliver, para zonas de valles centrales de Bolivia indica que solo un 29.9 % de muestras analizadas contenían más de 10.0 ppm de fósforo asimilable. En los valles mesotérmicos de Santa Cruz, se reporta que un 57.2 % de muestras seguían las mismas tendencias de bajo contenido de fósforo (por debajo de 10 ppm), y un 41.0 % de muestras tenían contenidos menores a 5 ppm de fósforo asimilable.

Similares tendencias de deficiencias edáficas se dan en otros parámetros y en general se puede señalar que es una situación común en la mayoría de los suelos agrícolas de nuestro país.

El presente trabajo documenta tres trabajos realizados por el CIF en el trópico de Cochabamba, con énfasis en la especie *Vigna unguiculata*, estudiando opciones de abonos verdes como una forma de enfrentar y eventualmente solucionar problemas ligados a las limitaciones edáficas antes señaladas.

De manera general, el abonamiento verde es una práctica que consiste en cultivar plantas, especialmente leguminosas, para incorporarlas físicamente al suelo en estado verde, sin una previa descomposición, buscando mejorar las condiciones biológicas, químicas y físicas del suelo, recuperando y mejorando su fertilidad. La importancia de los abonos verdes radica en:

- Agregan materia orgánica y humus al suelo.
- Reducen la erosión de los suelos, al disminuir la escorrentía superficial.
- Aumentan la capacidad de retención de la humedad en el suelo.
- Mejoran las características físicas del suelo, al aumentar su porosidad y aireación.
- Incrementan el rendimiento de los cultivos.

Los trabajos tuvieron como objetivo seleccionar especies aptas para producir elevadas cantidades de biomasa en condiciones de estrés edáfico y climático propias de los sitios seleccionados para el trabajo, en este caso el Valle del Sacta.

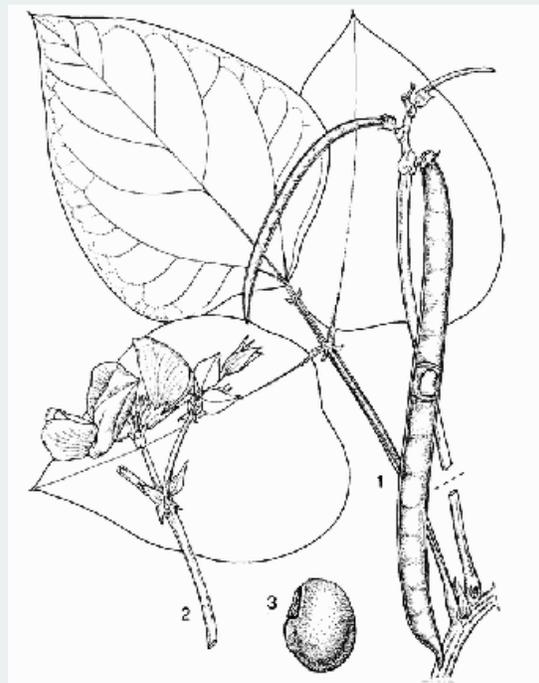
Los trabajos si bien compararon varias especies (caupí, mucuna, soya y dolichos) se hizo énfasis en la especie *Vigna unguiculata* (L) Walp (*Vigna unguiculata* (L.) Walp. subsp. *dekindtiana* (Harms) Verdc.), especie conocida como cumanda, frijol camba, caupí, *cow pea*, entre otros. Pertenece a la familia Fabaceae (Leguminosae) sub familia Faboideae, tribu Phaseoleae; sub tribu Phaseolinae. También se la ubica en la sub familia Papilionaceae. En los trópicos se han reportado de 150 a 190 especies del género *Vigna* (Cook, *et al.*, 2005).

La especie es originaria de África pero se desconoce el primer lugar donde se dio su domesticación primaria. Se reconocen dos centros de diversidad, uno en el oeste de África (para los cultivares del tipo *Unguiculata*) y otro en la India y el sud este asiático (para los cultivares de los grupos *Biflora* y *Sesquipedalis*) (Pandey y Westphal, 1989).

A la fecha, la especie es cultivada en los trópicos y subtrópicos secos, entre 35 °N y 30 °S, siendo común en Asia y Oceanía, sur de Europa, África, sur de USA y América Central y Sur (Cook *et al.*, 2005).

(Pandey y Westphal, 1989), destacan los siguientes aspectos en la cumanda:

- La especie es moderadamente tolerante a la sequía pero no soporta excesivos encharcamientos. Soporta regímenes de precipitación que van de 650 a 2000 mm, para forraje es más adecuado un rango de 750 a 1100mm de lluvia.
- Las especies de *Vigna* con alta producción de biomasa pueden ser incorporadas al suelo como abono verde a las 8-10 semanas después de la siembra; se estima que esta biomasa provee un equivalente a 80 kg/ha N para el siguiente cultivo.
- Es una especie extremadamente susceptible a las bajas temperaturas, siendo el rango óptimo de 25 a 35 °C.
- Es moderadamente tolerante a la sombra. No tolera la quema.
- Su valor nutritivo es alto, así se reporta un 14 a 21% de proteína cruda en el follaje verde y 18 a 26% en el grano. La digestibilidad *in vitro* del follaje es mayor al 80%.



Vigna unguiculata: 1: Vaina y tallo.
2: Inflorescencia. 3: Semilla.
(Fuente: Pandey, R. y Westphal, E., 1989).

2. Materiales y métodos

Para la realización del trabajo, se realizó ensayos regionales de campo en la zona del “Valle del Sacta” en el trópico húmedo de Cochabamba, a 230 km sobre la carretera Cochabamba-Santa Cruz, en la provincia Carrasco del departamento de Cochabamba. Así, se realizó tres trabajos sucesivos, en los años 2003 a 2005.

El terreno seleccionado se ubica a 17°06'25" de latitud sur y 64°47'16" de longitud oeste, a una altura de 320 msnm.

En cuanto a características climáticas, la zona presenta un promedio superior a los 2700 mm de precipitación anual, una temperatura máxima media de 30 °C y mínima media de 20 °C. El ecosistema de la región corresponde al bosque tropical lluvioso (Cochrane, 1982).

El cuadro 1 presenta información sobre las características químicas y físicas de los suelos donde se realizaron los trabajos.

Durante los dos primeros años de trabajo, se evaluó una serie de leguminosas a fin de estimar y valorar su capacidad productiva.

Así, el **primer año**, se estableció un primer ensayo en **agosto del año 2003** con un trabajo de tesis para la FCAYP-UMSS (Quispe, 2006), evaluando tres ecotipos de cumanda (procedentes de mercados de Santa Cruz), una variedad de soya y tres sub especies de cumanda (*Stizolobium* sp.). Además de evaluar el potencial productivo, se anali-

zó la capacidad de competencia de las especies frente a la incidencia de malezas propias del lugar, manejando tratamientos de con y sin control de malezas.

El **segundo año** de trabajo, en **junio de 2004**, en un terreno que en los anteriores 4 años se cultivó especies anuales, se evaluó la producción de biomasa y otras características agronómicas de 6 especies: una variedad de soya (*Glicine max*) cv. Gloria; dos sub especies de *Stizolobium* (mucuna verde y mucuna enana); una entrada de lablab (*Dolichos purpureus* o *D. lablab*), y dos ecotipos de *Vigna unguiculata* (café y blanca). En este ensayo se enfatizó variables de respuesta ligadas al comportamiento fisiológico de las especies, su adaptación y potencial productivo de biomasa con fines a su utilización como abono verde. El trabajo estuvo ligado de manera directa al ex Proyecto OpUsLi (www.eubean.net) del cual el CIF fue la contraparte boliviana por la FCAYP-UMSS.

Finalmente, el **tercer año (2005)** y en base a los resultados de los años anteriores, se evaluó en la misma zona, las características agronómicas y productivas (biomasa y grano) de la especie que se mostró más promisorio en los ensayos previos, la cumanda o frijol cambia: *Vigna unguiculata*, mediante el primer trabajo de tesis de la unidad CATREN de la UMSS (Angola, 2006). Este trabajo fue el resultado de un trabajo colaborativo entre el Proyecto OpUsLi y el Instituto de Investigaciones Agrícolas (I.I.A.) “El Vallecito” de la UAGRM de Santa Cruz, siendo estos últimos los que entregaron 12 ecotipos de caupí recolectados en diferentes zonas de Bolivia para su correspondiente evaluación en condiciones del “Valle del Sacta”.

Cuadro 1. Análisis químico y físico de suelos en el “Valle del Sacta”.

pH 1:5 agua	CE 1:2:5 Milimhos/cm (suelo agua)	me/100 g				% de saturación de bases	Al me/ 100 g	P ppm	M.O. %	N %	%			Text.
		Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺						A	L	Y	
5.0	0.054	2.1	0.8	0.04	0.24	63	0.43	11.5	1.6	0.15	25	60	15	FL

Datos reportados del CIAT Santa Cruz y de la FCAP - UMSS.

En relación con las condiciones edáficas, el caupí es una planta rústica que se adapta a suelos de gran diversidad, pero a nivel de producción de biomasa, los suelos arcillosos le dan condiciones para desarrollar mayor biomasa, mientras que los suelos arenosos favorecen la producción de grano (Peters *et al.*, 2005). En el caso del ensayo en el Valle del Sacta, la presencia de nutrientes en el campo experimental fue baja, la acidez de los suelos esta considerada como el límite máximo de acidez tolerable para la *Vigna*. Al respecto Tames (1956), citado por Diehl, R. *et al.* 1985 indica que el caupí tiene límites en cuanto al pH del suelo, que van desde 4.5 a 7.0, el mismo autor indica que el pH óptimo para el caupí, según la FAO, es de 5.0 a 6.5.

3. Resultados y discusión

Año 2003

El análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas (al 99 %) para el factor especies leguminosas en las variables materia seca, altura de planta y área foliar. Para el factor control de malezas esta diferencia alta-

mente significativa se presentó sólo en la variable materia seca. La interacción entre especie y control de malezas no presentó significancia para ninguna de las variables de respuesta. En todas las variables evaluadas (realizando el análisis en SAS ®), salvo la variable altura de planta, los datos de campo fueron transformados al no cumplir éstos los supuestos del análisis de varianza, principalmente en cuanto a la distribución normal que debieran tener. Para ello se utilizó la relación logaritmo natural del valor real de campo (Little y Hills, 1976). Los resultados del cuadro 2 se basan en esta transformación para las variables de respuesta evaluadas. En el cuadro 2 se evidencia el potencial de producción de biomasa de los ecotipos de cumanda con un promedio de 3297 kg/ha, contrariamente la soya, mucuna ceniza y verde, fueron las especies que tuvieron los menores rendimientos, la mucuna negra presentó rendimientos por encima de la media general. En contenido de humedad de las diferentes especies, al momento del corte para su incorporación como abono verde, no tuvo gran variación manteniendo una media de 84% con un rango de 80.22% a 88.83%.

Cuadro 2. Efectos simples de siete especies leguminosas anuales con y sin control de malezas con fines de producción de abono verde en el "Valle del Sacta" (agosto a octubre de 2003), a 67 días después de la siembra.

	Materia seca kg/ha	Nro. de hojas por planta	Altura de planta cm	Area foliar cm ² /planta
Especie leguminosa				
Cumanda 1	3833 a	65 ab	135 a	2539 cd
Cumanda 2	3059 ab	86 ab	141 a	3456 abc
Cumanda 3	3000 ab	97 a	119 a	3526 abc
Soya cv. Tucunare	2347 bc	47 b	57 b	1756 d
Mucuna negra	2974 ab	87 ab	122 a	2900 bc
Mucuna ceniza	2366 c	103 a	153 a	4877 ab
Mucuna verde	2830 bc	73 ab	177 a	4764 a
Control de malezas				
<i>Sin control</i>	2312 B	82 A	124 A	3211 A
<i>Con control</i>	3519 A	77 A	134 A	3595 A
Promedio general	2916	80	129	3403
CV (%)	3.71	8.95	19.17	3.74

Valores seguidos con la misma letra, para cada variable de respuesta por separado, son estadísticamente iguales (Duncan $p \leq 0.05$).

En cuanto al factor control de malezas, el cuadro 2 muestra diferencias altamente significativas para el factor control de malezas solo en la variable producción de materia seca. Así cuando se hizo un control estricto de malezas, se tuvo un incremento superior al 50% en la producción de biomasa seca. Una de las principales causas de los bajos rendimientos en todos los cultivos se da por el efecto de la competencia inter específica entre las malezas y el cultivo especialmente por luz, agua y nutrientes.

A nivel de las especies leguminosas, evaluando la participación botánica en las parcelas donde no se hizo control de malezas, destacó el ecotipo cumanda 2, tal como lo muestra la figura 1.

Año 2004

Realizado el análisis de varianza, se tuvo diferencias significativas en la mayoría de las

variables evaluadas. En el ensayo se realizó dos momentos de evaluación, uno a los 42 días después de la siembra (dds) y el segundo al momento de cortar la biomasa e incorporarla al suelo (a los 53 dds). El cuadro 3 muestra los resultados más sobresalientes.

Como se puede apreciar en el cuadro 3, si bien las dos entradas de cumanda tienen menor área foliar que las mucunas, destacan las primeras en términos productivos y con tenores de contenidos de agua en su biomasa que deberían facilitar su degradación al ser empleadas para abono verde. En base seca sobresale la cumanda café que alcanzó rendimientos que superan las 5 t/ha. Todas estas cualidades resaltan más desde el punto de vista económico, ya que considerando solo el costo de la semilla, la cumanda muestra más ventajas pensando en su utilización para abono verde, así se tienen estimaciones en el cuadro 4 (con precios a diciembre de 2005).

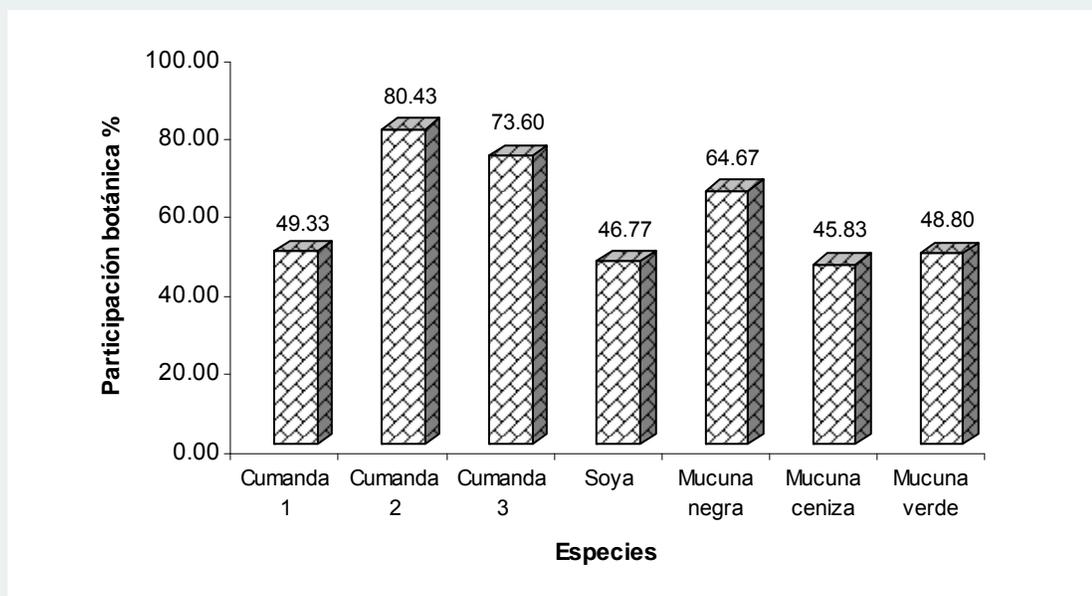


Figura 1. Porcentaje de participación de siete leguminosas frente a la maleza expresada en base seca, en parcelas sin control de malezas a 67 días después de la siembra en condiciones del Valle del Sacta (2003).

Cuadro 3. Variables de respuesta determinadas a los 42 y 53 días después de la siembra, en seis especies leguminosas en condiciones del Valle del Sacta (junio a agosto de 2004).

Especie	Área foliar a 42 dds (cm ² /planta)	Biomasa verde incorporada (t/ha) a 53 dds	Biomasa seca incorporada (kg/ha) a 53 dds	% de humedad a la incorporación de biomasa (53 dds)
Soya cv. Gloria	344 d	11.6 E	3204 d	72.44 A
Mucuna verde	1211 a	33.7 BC	4309 c	87.21 D
Lablab	1076 ab	29.8 C	4386 bc	85.27 C
Mucuna enana	1250 a	19.4 D	3571 d	82.57 B
Cumanda café	831 bc	44.8 A	5080 a	89.65 D
Cumanda blanca	690 cd	37.8 B	4818 ab	87.23 D
Promedio	900	29.5	4228	83.74
CV (%)	22.5	8.59	6.22	6.36

Valores seguidos con la misma letra, para cada variable de respuesta por separado, son estadísticamente iguales (Duncan $p \leq 0.05$).

Cuadro 4. Comparación de costos de semilla para el uso de cinco especies leguminosas para abono verde, cálculo realizado a partir de la densidad de siembra empleada en el ensayo.

Especie	Densidad de siembra	Costo de semilla en \$us.	
		por kg	para 1 ha
Soya	23	0.3	6.9
Mucuna verde	130	2.0	260.0
Mucuna enana	100	2.0	200.0
Lablab	60	0.8	48.0
Cumanda café	26	0.6	15.6
Cumanda blanca	23	0.6	13.8

Año 2005

Una vez evidenciado el potencial de la *Vigna unguiculata*, merced a dos años de trabajo en el Valle del Sacta, durante el invierno del año 2005, se evaluó doce ecotipos de caupí recolectados por “El Vallecito” en diferentes departamentos del país tal como lo muestra el cuadro 5. Las condiciones ambientales durante la época de invierno de 2005 fueron favorables para la ejecución del ensayo. La precipitación estuvo bien distribuida durante todo el periodo del cultivo, habiendo alcanzado niveles aceptables e incluso excesivos para el cultivo de leguminosas anuales propias de la zona. La temperatura media fue de 23 °C, valor apropiado para el cultivo del caupí.

El control de plagas y enfermedades se realizó de forma preventiva en dos ocasiones,

observándose altos niveles de tolerancia del caupí a problemas fitosanitarios, en comparación con frijol que se tenía de manera paralela en parcelas aledañas al ensayo con *Vigna*.

En base a este germoplasma, se realizó evaluaciones agronómicas en campo, las que se pueden estructurar en los siguientes tres grandes grupos:

- Aspectos fenológicos y fenotípicos.
- Acumulación de biomasa.
- Producción de grano.

Para el análisis estadístico de datos se utilizó el paquete SAS v. 8.0 @, procediéndose primero a analizar el tipo de distribución de los valores (para producción de biomasa y grano) a fin de verificar el cumplimiento del principal supuesto de varianza, que es la normalidad de

los datos, a través del Test de de Shapiro - Wilk.

La figura 2 grafica los rendimientos de materia seca de todos los ecotipos evaluados en el presente trabajo. Los resultados de la Prueba de Duncan corresponden al análisis de covarianza con el factor número de plantas

evaluadas como covariable, esto debido a problemas de germinación y emergencia, los cuales dieron lugar a diferentes poblaciones en las parcelas del ensayo (referir al anexo 3 en Angola 2006, pp. 54-57). Este mismo procedimiento se aplicó para la variable rendimiento en grano (figura 3).

Cuadro 5. Código, procedencia y peso de 100 granos de 12 ecotipos de caupí (*Vigna unguiculata*), recolectados por el IIA "El Vallecito", en diferentes zonas de Bolivia y evaluados en el Valle del Sacta (2005).

Número de entrada	Código de identificación	Procedencia	Peso de 100 granos (g)
1	CV CO - 2	Cobija	25.2
2	CV CO - 1	Cobija	20.2
3	CV CH - 2	Chuquisaca	12.5
4	CV TA - 4	Tarija	19.6
5	CV SC - 1	Santa Cruz	16.2
6	CV CH - 4	Chuquisaca	11.1
7	CV TA - 2	Tarija	19.1
8	CV TA - 3	Tarija	13.7
9	CV CH - 3	Chuquisaca	17.1
10	CV CH - 1	Chuquisaca	21.0
11	CV TA - 1	Tarija	20.1
12	Fréjol Castilla (testigo)	Santa Cruz	21.7

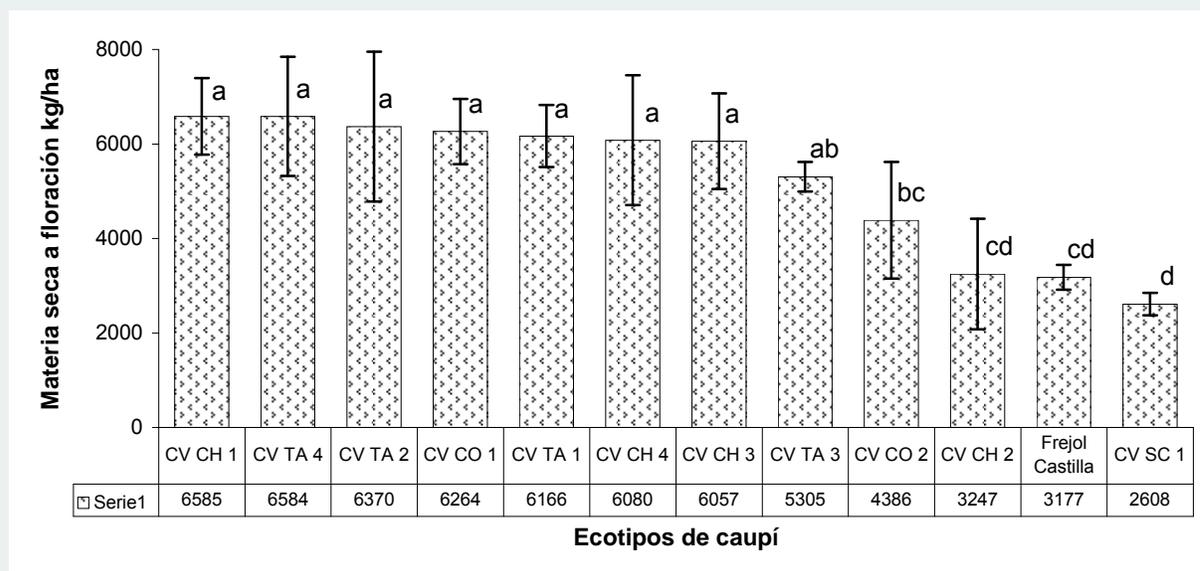


Figura 2. Producción de materia seca del follaje a floración, en 12 ecotipos de *Vigna unguiculata* en el Valle del Sacta (julio a octubre de 2005).

Valores seguidos con la misma letra, son estadísticamente iguales al 5% de probabilidad, según la Prueba de Rango Múltiple de Duncan, y en base a la covariable número de plantas evaluadas. (Las líneas sobre las barras corresponden a la desviación estándar de la media para cada ecotipo de caupí).

La producción de biomasa, en base seca, fue importante en la mayoría de los ecotipos en estudio. Al respecto, Peters *et al.* (2005) indican que el caupí tiene una alta producción de biomasa en 2 a 4 meses de la siembra y dependiendo del suelo, clima, competencia de malezas y la variedad, ésta puede alcanzar entre 3000 a 8000 kg/ha de materia seca. Por su parte, Pandey y Westphal, 1989, reportan rendimientos de biomasa de 3 a 10 t/ha en base seca en un periodo de 8 a 12 semanas.

En Bolivia, uno de los pocos trabajos donde se evaluó la biomasa es el de Mendieta *et al.* (2004), utilizando esta especie como abono verde para incrementar la fertilidad de los suelos en el municipio de Torotoro (Potosí, Bolivia), reportando un rendimiento promedio (estimado en base seca) de aproximadamente 3200 kg/ha, en el sur del departamento de Potosí, en una zona templada de valle a sub trópico. Esto muestra la gran capacidad de adaptación de esta especie.

Vega (2004), señala que la cumanda es un excelente abono verde que puede reemplazar la aplicación de 40 a 80 kg/ha de nitrógeno; se

la utiliza para recuperar la fertilidad del suelo. Su descomposición es muy rápida por lo que es necesario plantar el cultivo sucesivo nuevo, rápidamente después de la incorporación del abono verde procedente de esta especie.

En cuanto a producción de grano, la figura 3 muestra los resultados previa verificación de la normalidad de los datos (la probabilidad del valor del coeficiente de Shapiro - Wilk fue de 0.2168), los materiales en estudio mostraron diferencias altamente significativas para esta variable de respuesta.

Al respecto, Skerman *et al.* (1991) indican que el rendimiento del caupí tiene un amplio rango de producción y que esta en función a la variedad, condiciones atmosféricas, estado sanitario del cultivo y la densidad de siembra, entre otros. Así, el rendimiento en grano puede variar de 750 a 2500 kg/ha. Asimismo, Peters *et al.* (2005), indican que el caupí, dependiendo de la variedad y suelo produce entre 1500 a 4000 kg/ha, siendo la producción de grano favorecida cuando se cultiva el caupí en suelos arenosos.

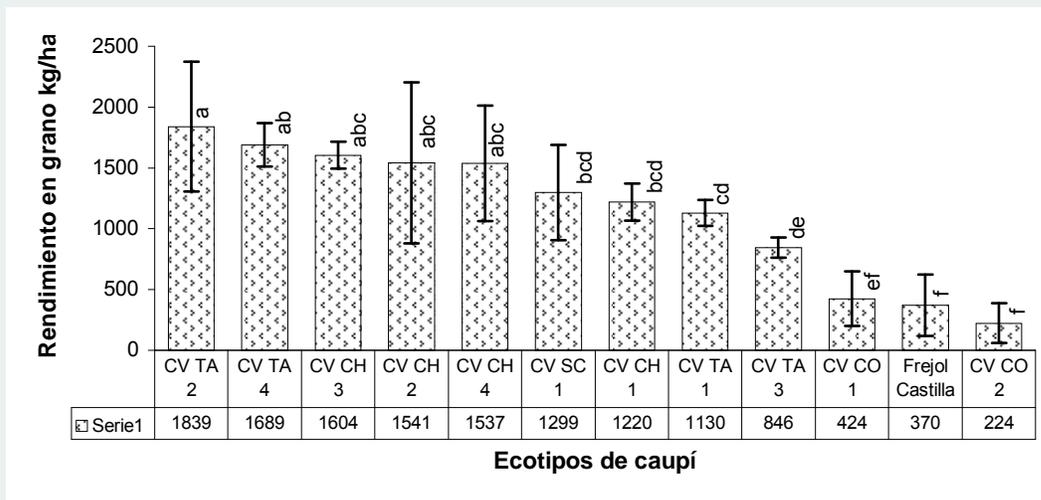


Figura 3. Producción de grano (ajustado al 12 % de humedad), en 12 ecotipos de *Vigna unguiculata* en el Valle del Sacta (julio a octubre de 2005).

Valores seguidos con la misma letra, son estadísticamente iguales al 5% de probabilidad, según la Prueba de Rango Múltiple de Duncan y en base a la covariable número de plantas evaluadas. (Las líneas sobre las barras corresponden a la desviación estándar de la media para cada ecotipo de caupí).

Por su parte, Pandey y Westphal (1989), señalan que bajo condiciones de agricultura de subsistencia en África, el caupí rinde entre 100 a 300 kg de grano por hectárea y en condiciones óptimas de suelo, clima y manejo, esta especie puede llegar a producir entre 1000 a 4000 kg/ha.

En Bolivia, Abasto (2005), en un trabajo de investigación sobre la evaluación de ocho variedades de caupí, introducidas de USA, y trabajando en la zona central de Santa Cruz, reporta un rendimiento en grano de 457 kg/ha (promedio de 8 variedades), pero con una variedad testigo adaptada a la zona, el rendimiento superó la tonelada. Este resultado junto con los alcanzados en el presente trabajo, muestra el potencial de este recurso vegetal para las condiciones del país.

A manera de resumen, el cuadro 6 esquematiza las principales características fenológicas, fenotípicas y agronómicas de los doce ecotipos recolectados en diferentes partes de Bolivia y evaluados durante la gestión agrícola 2005 (de julio a octubre) en el Valle del Sacta. Este cuadro pretende caracterizar a este germoplasma y servir de fuente de referencia para futuros trabajos que demostró sus cualidades y potencial productivo en el trópico húmedo de Cochabamba. Se debe aclarar que todo el germoplasma referido de *Vigna*, se encuentra en los bancos activos de germoplasma del CIF “La Violeta” y de “El Vallecito”.

4. Conclusiones

- Se destaca el gran potencial de la cumanda para ser usada como abono verde, no solo por la alta producción de biomasa, sino también por el bajo precio de la semilla en relación a otras especies con potencial para ser usadas como abono verde, tendiente a la reposición de la fertilidad en suelos degradados o en proceso de degradación, en zonas tropicales y sub tropicales. También se demostró un elevado potencial para la producción de grano de esta especie.
- La única variedad comercial de caupí, el “frejol castilla” mostró serias limitaciones productivas en la zona de estudio, ligadas principalmente a sanidad (virus), motivando a pensar en su reemplazo por otros materiales.
- El ecotipo de caupí CV TA 1 sobresale en la mayor parte de las variables de respuesta evaluadas, tanto a nivel fenotípico, tolerancia a condiciones de estrés (malezas y virosis) y parámetros productivos, recomendándose este cultivar para las condiciones del Valle del Sacta. Asimismo, el ecotipo CV CH 4 destaca por sus buenos rendimientos, en especial en biomasa, pero además por su correlación positiva entre este factor y su potencial de producción de grano.
- En producción de biomasa en base seca, sobresalen la mayoría de los ecotipos, con rendimientos superiores a 6 t/ha, lo cual constituye un potencial importante con fines de abono verde y/o cobertura, a fin de incrementar la materia orgánica de los suelos del trópico de Cochabamba y otros de condiciones similares.
- Por los parámetros fenotípicos y fenológicos evaluados en *Vigna unguiculata*, se puede concluir que en los materiales en estudio existe tal variabilidad que da lugar a pensar en la implementación de programas de mejoramiento con el fin de optimizar este importante recurso vegetal.
- Las otras leguminosas evaluadas tienen limitantes para su utilización debido al elevado costo de su semilla. Sin embargo el manejo estratégico de éstas (por ejemplo mucuna enana en callejones de cultivos alternativos) puede dar lugar a nichos de mercado importantes. No se debe descartar el uso de la soya como una alternativa mas para ser usada como abono verde, ya que los aportes de biomasa seca son expectables y el costo de la semilla es mucho menor con relación a otras especies leguminosas.

Cuadro 6. Resumen de características fenológicas, fenotípicas y productivas de doce ecotipos de caupí evaluados agronómicamente, en el Valle del Sacta (julio a octubre de 2005).

Ecotipo	Color de flor	Grado de competencia con malezas	Altura de planta cm	Biomasa seca kg/ha	Rendimiento en grano kg/ha	Peso de 100 granos g	Tamaño de vaina cm	Vainas por planta	Granos por vaina	Grado de tolerancia a virosis
CV CO 2	Blanca	Bajo	40.9	4386	224	19.5	18.2	3.7	6.9	Moderada
CV CO 1	Violeta	Alto	70.6	6264	425	15.7	19.1	1.8	11.1	Moderada
CV CH 2	Violeta	Regular	60.7	3247	1541	10.3	16.5	11.2	9.0	Alta
CV TA 4	Violeta	Alto	75.7	6584	1689	19.1	19.4	5.3	9.9	Moderada
CV SC 1	Violeta	Regular	54.1	2608	1299	11.8	17.0	10.4	8.1	Baja
CV CH 4	Blanca	Alto	54.3	6080	1537	9.3	19.2	16.4	10.5	Alta
CV TA 2	Violeta	Alto	68.1	6370	1839	18.1	18.9	6.0	10.0	Moderada
CV TA 3	Violeta	Regular	55.1	5305	846	11.9	16.5	4.9	10.8	Baja
CV CH 3	Violeta	Alto	76.1	6057	1604	15.2	18.0	5.6	9.8	Moderada
CV CH 1	Violeta	Alto	73.9	6585	1220	18.9	17.1	4.1	9.3	Moderada
CV TA 1	Violeta	Alto	81.6	6166	1130	20.3	18.2	3.1	10.7	Moderada
Fréjol Castilla	Blanca	Regular	57.2	3177	369	15.6	17.2	3.9	5.7	Baja

Referencias

- Abasto, A. 2005. Evaluación de 8 variedades de caupí (*Vigna unguiculata*) de crecimiento arbustivo en las condiciones agroecológicas de la zona central de Santa Cruz, 2003/2004. Tesis de Grado. Universidad Autónoma Gabriel Rene Moreno. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. 46 p.
- Angola, A. 2006. Evaluación agronómica de ecotipos de caupí (*Vigna unguiculata*) recolectados en Bolivia, en condiciones del trópico húmedo de Cochabamba. Tesis Ing. Agr. CATREN-UMSS. Cochabamba, Bolivia. 66 p.
- Cochrane, T. 1982. Caracterización agroecológica para el desarrollo de pasturas en suelos ácidos de América tropical. pp. 23-44 **En:** Toledo, J. (ed.) Manual para la evaluación agronómica; Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia.
- Cook, B., Pengelly, B., Brown, S., Donnelly, J., Eagles, D., Franco, M., Hanson, J., Mullen, B., Partridge, I., Peters, M. and Schultze-Kraft, R. 2005. Tropical Forages: an interactive selection tool. [CD-ROM], CSIRO, DPI&F(Qld), CIAT and ILRI, Brisbane, Australia.
- Diehl, R., Box, M., Urbano, P. 1985. Fitotecnia General. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid-España. 172-355. pp.
- Little, T. y Hills, J. 1976. Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura. Ed. Trillas. Centro Regional de Ayuda Técnica - AID. México DF, México. 270 p.
- Mendieta, J., Gutiérrez, E., Meneses, R. 2004. Abonos verdes para incrementar la fertilidad de los suelos en el municipio de Torotoro, Potosí. **En:** Ruíz, D. Barba, R. y Oller, V. 2004. Memoria 7^{ma} Reunión Boliviana de Rhizobiología y Leguminosas. Trinidad, Bolivia. 277 p.
- Pandey, R. y Westphal, E. 1989. *Vigna unguiculata* (L.) Walp. **In:** L.J.G. van der Maesen and Sadikin Somaatmadja (Editors). Plan Resources of South-East Asia. No. 1 Pulses. 1989. Pudoc/Prosea. Wageningen, The Netherlands. pp. 77-81.
- Peters, M., Franco, I., Oberthur, T. 2005. Caupí (*Vigna unguiculata*) una leguminosa multipropósito. CIAT. Tríptico divulgativo. Cali, Colombia.
- Quispe, J. 2006. Evaluación agronómica de cumanda, soya y mucuna como alternativas de abono verde en el valle del Sacta, 2003-2004. Tesis Ing. Agr. FCAyP-UMSS. Cochabamba, Bolivia. 69 p.
- Skerman, P., Cameron, D., Riveros, P. 1991. Tropical forage legumes. Revised and expanded. FAO Rome. pp. 510-516.
- Valente, J. y Oliver, R. 1993. Evaluación de la fertilidad de los suelos del altiplano, valle central y llanos de Bolivia. FAO - Fertisuelos - CIRAD. Roma, Italia. 96 p. + anexos.

Los autores reconocen y agradecen el apoyo del Proyecto OpUsLi, la unidad CATREN de la UMSS en el Valle del Sacta y el I.I.A. "El Vallecito" de la UAGRM de Santa Cruz.

Sin el apoyo de estas instituciones, el presente trabajo reportado, no hubiera tenido el alcance delineado al inicio del mismo.



Julio de 2005: Preparación de la parcela para la evaluación de 12 ecotipos de caupí en el Valle del Sacta
Remoción de terreno, trazado, apertura de surcos y siembra manual del ensayo



Izquierda: vista general del ensayo con los 12 ecotipos de caupí a los 43 días (agosto de 2005);
derecha: desarrollo de las parcelas a 58 días después después de la siembra(septiembre de 2005)



Evaluación del rendimiento de biomasa a los 63 días después de la siembra (septiembre de 2005).

Izquierda: ecotipo CV TA 1, uno de los 12 materiales de cumanda, más productivos en términos de materia seca (6585 kg/ha).



Derecha, arriba, pesaje en campo de la biomasa verde; abajo, selección de las vainas en la evaluación de rendimiento en grano donde se obtuvo casi 2 t/ha (con el ecotipo CT TA 2)



Germoplasma de algunas de las leguminosas evaluadas en el Valle del Sacta por el Proyecto OpUsLi en los años 2003 a 2005; de izquierda a derecha: lab lab; caupí, cv. Frejol Castilla y ecotipo CV TA - 1; mucuna negra

Manejo agronómico de cultivares de nabo forrajero y pruebas de consumo en ganado lechero en el CEAC, Altiplano Central de Oruro

Ermindo Barrientos¹; Ruddy Meneses²; José Cachambi³; Herbet Cruz³; Raúl Machaca³

¹ Investigador CEAC - UTO

² Investigador CIF "La Violeta" - UMSS

³ Ingenieros Agrónomos, ex tesistas del CEAC - UTO

Resumen

Merced al apoyo del Proyecto Rhizobiología primero y luego AgroLeg (CIAT-CIF.CIFP-SEFO), a partir del año 2001 al año 2005, en condiciones del CEAC-UTO (Caracollo, Altiplano Central de Oruro), se evaluó una nueva especie forrajera para la zona, el nabo forrajero (*Brassica* sp.). El trabajo se inició con la caracterización agronómica, en dos épocas de siembra, de 4 variedades introducidas de Holanda (de la Universidad de Wageningen) comparándolas con un ecotipo del lugar de nabo común de consumo humano. En general todos los materiales introducidos se comportaron de manera similar y con gran potencial productivo para las condiciones de la zona, destacándose la época 2 (diciembre) y las variedades "Sansón" y "Purple Top" por sus elevados rendimientos en verde, tanto en producción de raíz como follaje y por sus cualidades nutritivas. Las diferentes variedades de nabo llegaron a madurez de cosecha a los 149 días después de la siembra. En posteriores ensayos se verificó la conveniencia de utilizar harina de nabo deshidratado antes que nabo en fresco en la alimentación de vacas lecheras. Con el uso de harina de nabo, se tuvo incrementos consistentes en la producción de leche, en ganado semi estabulado. Se concluye que el potencial de esta especie para la zona es evidente, teniéndose al momento como limitantes, la producción de semilla y el manejo de la biomasa producida (principalmente raíces) con fines de conservación, debido al tipo de tejido que presenta esta raíz forrajera.

1. Introducción

La producción de ganado lechero y cárnico en el altiplano, se ve disminuida por la escasa vegetación con que se cuenta en la zona, por ser una zona agro ecológica donde las temperaturas son bajas y los inviernos duran la mayor parte del año; también la mayoría de los cultivos forrajeros como los nativos se ven afectados por las repentinas heladas como las granizadas que son difíciles de predecir, lo cual afecta de manera significativa a la mayoría de las especies.

La necesidad de buscar alternativas de especies que se que se puedan manejar en fresco y verde y que se adapten a las difíciles condiciones antes descritas y que a su vez sirvan como alimento al ganado mayor y menor, dan pie para pensar que el nabo forrajero una de las

especies introducidas de mayor atención en el área de influencia del Centro Experimental Agropecuario "Condoriri" (CEAC) de la Universidad Técnica de Oruro (UTO), donde se explota una ganadería diversificada (bovina, porcina, camélida y ovina).

De acuerdo a lo anteriormente mencionado, los objetivos del presente estudio se basaron en evaluar la adaptación y el comportamiento agronómico de seis variedades de nabo forrajero introducidas por el Proyecto Rhizobiología Bolivia y el Proyecto AgroLeg (Meneses y Barrientos, 2003), en dos épocas de siembra, además de realizar un análisis de contenido proteico en esta especie y finalmente realizar pruebas de consumo, tanto en nabo fresco como en harina a base de nabo seco y deshidratado, con vacas lecheras manejadas en semi estabulación.

2. Materiales y métodos

El estudio se realizó en la gestión agrícola 2001-2002 en predios del CEAC, que se encuentra ubicado a 49 km de la ciudad de Oruro, a 12 km de la población de Caracollo. Los suelos en el CEAC muestran variaciones desde el punto de vista de su textura y van de suelos francos a franco arcillosos, de consistencia ligeramente dura con profundidad superior a 2 m y según análisis químico, estos suelos tienen un pH que varía de 7.05 a 8.02.

El material biológico estuvo compuesto por 6 variedades de nabo. El diseño experimental mediante el cual fue evaluado el presente trabajo, en campo, fue de bloques al azar con arreglo de parcelas divididas, distribuidos en tres repeticiones. Los tratamientos fueron dos épocas de siembra como parcelas principales y seis variedades de nabo forrajero como parcela secundaria o sub tratamientos.

La preparación del terreno se efectuó con maquinaria agrícola a una profundidad de 30 cm. La siembra se realizó a chorro continuo en surcos, a una profundidad de 2 a 3 cm, con una densidad de 8 kg/ha. La cosecha para determinar los rendimientos de materia verde fue desarrollada en forma paulatina, en la medida que las diferentes variedades llegaban al estado de madurez fisiológica.

Para el análisis estadístico se realizó el análisis de varianza mediante la prueba de Fisher a los niveles de 1% y 5% y para la comparación de medias se empleó la Prueba de Rango Múltiple de Duncan a un nivel de significancia estadística del 5%.

A detalle, los tratamientos en campo, se estructuraron de la siguiente manera:

- **Factor A:** épocas de siembra:

E1	Época 1 (siembra del 13/11/01).
E2	Época 2 (siembra del 21/12/01).

- **Factor B:** variedades de nabo forrajero ¹

VI	=	Sansón.
V2	=	Arax.
V3	=	Barrabás.
V4	=	Barkant.
V5	=	Purple top.
V6	=	Testigo local.

Para la fase de consumo, se utilizó como material biológico seis vacas adultas en periodo de lactancia de la raza Holstein, distribuidas en dos grupos homogéneos. El suministro de nabo fresco fue a nivel de suplemento a las vacas que pastoreaban bajo condiciones normales del CEAC.

Las cantidades ofrecidas variaron entre 5, 10 y 15 kg. El suministro de harina de nabo se refiere a la incorporación de ese insumo en la ración compuesta en un 80% de ensilaje que junto al heno de cebada formaron el conjunto de la ración.

3. Resultados y discusión

3.1. Ensayo agronómico en campo (Cachambi, 2003)

De manera general, la primera época de siembra tropezó con limitaciones de orden climático, principalmente la escasa precipitación del mes de noviembre que dificultó la emergencia de plántulas a más de haber mayor competencia con malezas. Asimismo, hubo efectos negativos por granizo.

Al contrario la segunda época de siembra, se vio más favorecida por las lluvias y consecuente disponibilidad de humedad en los suelos para el nabo. La información presentada se centrará en la época dos por cuanto los efectos negativos en la época 1 fueron evidentes (cuadro 1).

¹ La semilla de cinco variedades (V1 a V5) fue proporcionada por el Dr. Lendert Mannelje de la Universidad Agrícola de Wageningen (Países Bajos), mediante el Proyecto Rhizobiología Bolivia (Meneses y Barrientos, 2003).

La cosecha tanto de la primera como la segunda época fue a los 149 días de la siembra (el 11 de abril y 19 de mayo, respectivamente).



Fotografía 1. Cosecha en las parcelas de nabo, correspondiente a la época 2 (siembra del 21 de diciembre de 2001) y cosecha a los 149 días después de la siembra.

Cuadro 1. Diámetro y longitud de raíz y longitud de hoja para seis variedades de nabo forrajero para dos épocas de siembra en el CEAC (altiplano central de Oruro), ciclo 2001-2002.

Variedad	Época de siembra	Diámetro de raíz (cm)	Longitud de raíz (cm)	Longitud de hoja (cm)
Sansón	1	19.60	35.64	96.86
	2	18.91	35.61	153.9
Arax	1	6.84	17.37	64.75
	2	7.12	24.95	96.04
Barrabás	1	16.72	32.15	74.47
	2	18.80	39.68	134.66
Barkant	1	17.37	30.46	85.40
	2	19.73	37.36	127.53
Purple Top	1	4.34	23.90	85.22
	2	3.00	26.79	98.33
Testigo (local)	1	14.41	17.28	51.13
	2	17.28	18.32	123.15

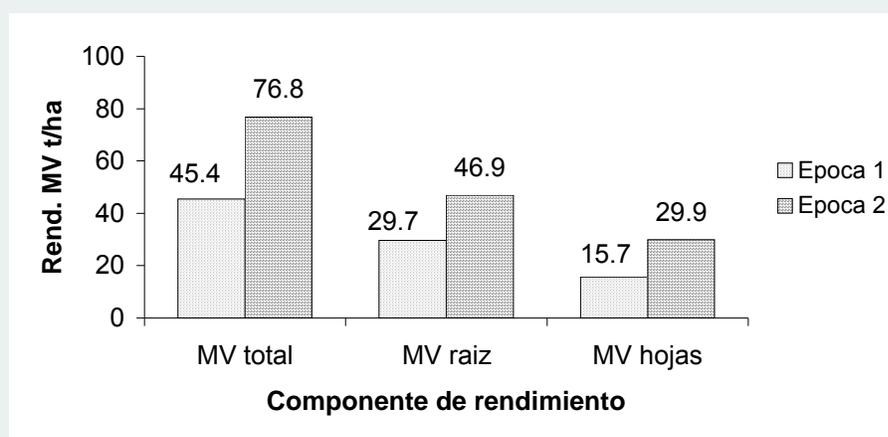


Figura 1. Efecto de la época de siembra en el rendimiento en materia verde de nabo forrajero (promedio de 6 variedades).

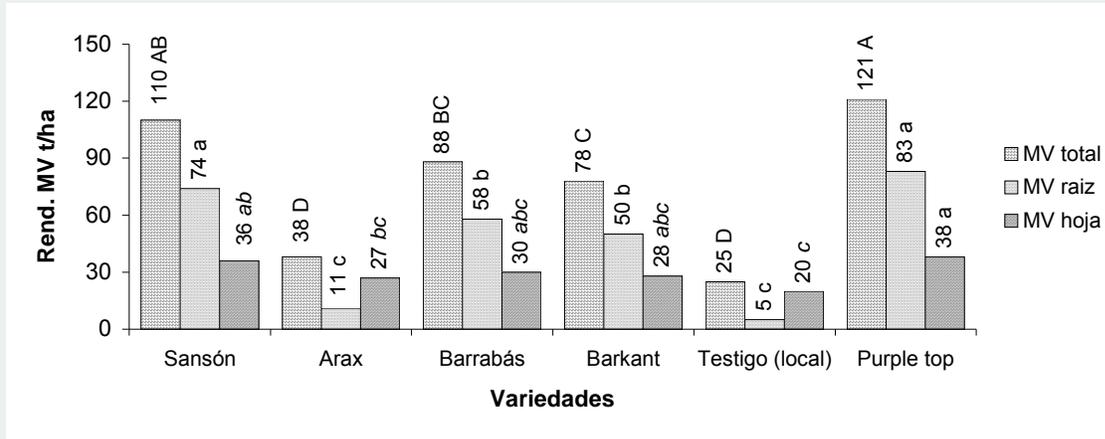


Figura 2. Rendimiento en verde (t/ha) por componentes y total, de seis variedades de nabo forrajero para la época dos de siembra (siembra del 21 de diciembre de 2001) en el CEAC.

Valores con letras diferentes, difieren estadísticamente según la Prueba de Duncan ($p \leq 0.05$), por separado para cada componente en las cinco variedades evaluadas.

Debido a limitaciones operativas, no se obtuvo datos de materia seca del material producido. Debido a ello, la figura 1 solo muestra valores en materia verde, observándose que el mayor rendimiento se presenta en la segunda época de siembra (21/12/01), tanto en raíz como en follaje con 46.9 y 29.9 t/ha, respectivamente en comparación con la primera época (21/12/01) que reporta rendimientos de 29.7 t/ha (raíz) y 15.7 t/ha (follaje).

Para el análisis bromatológico se tomaron muestras de hojas y raíz por separado y se enviaron estas al laboratorio de Nutrición Animal de la FCAP-UMSS. Los resultados para proteína bruta fueron los siguientes:

Cuadro 2. Contenido de proteína bruta (%) en hojas y raíz de seis variedades de nabo forrajero.

Variedades	Componente	
	Hojas	Raíz
Purple Top	16.59	6.70
Barrabás	16.87	8.54
Sansón	--	6.33
Barkant	16.93	10.21
Arax	--	6.51

-- sin información.

Los valores de contenido de proteína son muy variables entre las variedades. Datos de literatura reportan valores de 18.82% para follaje y 9.62% para la raíz (Monegat, 1991).

3.2. Consumo de nabo fresco (Machaca, 2005)

En la figura 3 se observan diferencias en la producción de leche/día; así, las vacas al consumir nabo forrajero fresco disminuyeron su producción en 0.3 l/día. Se asume este resultado en el entendido del escaso acostumbramiento en el consumo y digestibilidad del nabo, por otra parte, quizás sea necesario dosificar como base alimenticia por periodos más largos, ya que aparentemente el suministro de nabo tiene ventajas en la producción láctea por su nivel superior de agua y azúcares.

Del consumo fresco de nabo, según el análisis de varianza, se observó que no existe diferencias estadísticas significativas en la producción de leche; así al ofrecer desde 5, 10 y 15 kg/día, el nivel de 5 kg de nabo llegó a obtener la mayor producción de leche con 11.6 l/vaca. Se observó una similitud estadística entre los niveles 10 y 15 kg de nabo con 9.92 y 9.81 l/leche/día, respectivamente.

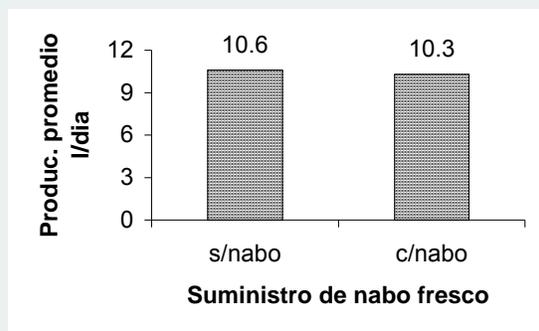


Figura 3. Producción promedio de leche (l/día) como efecto de la suplementación con nabo forrajero fresco.

3.3. Consumo de harina de nabo seco

En la figura 4 se observa que existe un incremento de 1.17 l/día en la producción de leche al suplementar a las vacas harina de nabo.

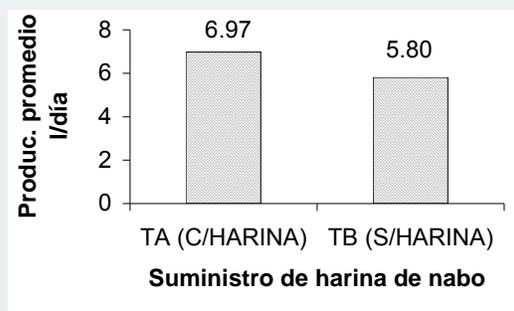


Figura 4. Producción promedio de leche (l/día) como efecto de la suplementación con harina de nabo forrajero.

4. Conclusiones

- Para las condiciones climáticas en la que se desarrolló el ensayo en campo, se registró efectos en la producción del nabo, siendo la siembra de diciembre (época 2), la que registró valores superiores en rendimiento debido a las precipitaciones oportunas.

- En la época 2, que fue la más productiva, se destacaron las variedades Purple Top y Sansón, por sus elevados rendimientos en producción de raíz y follaje.
- Para el consumo de nabo fresco se determinó una disminución aparente de producción de leche, mientras que al ofrecer como suplemento a la harina de nabo, se evidenció lo contrario mostrando un incremento consistente en la producción de leche, en ganado semi estabulado.
- El potencial de esta especie para la zona es evidente. Un aspecto que se debe estudiar es el manejo para fines de conservación, tanto del follaje como de la raíz, esta última presenta mayores dificultades para su conservación por el tipo de tejido succulento que presenta.

Referencias

- Cachambi, J. 2003. Comportamiento de 6 variedades de nabo forrajero (*Brassica napus* L.) en dos épocas de siembra en Condoriri, Oruro. Tesis Ing. Agr. FCAPyV-UTO. Oruro, Bolivia. 90 p.
- Machaca, J. 2005. Niveles de nabo forrajero (*Brassica napus* L.) en vacas Holstein para la producción de leche en el C.E.A.C. Tesis Ing. Agr. FCAPyV-UTO. Oruro, Bolivia. 69 p.
- Meneses, R. y Barrientos, E. 2003. Producción de Forrajes y Leguminosas en el Altiplano Boliviano. Resumen de experiencias en seis años de trabajo entre el Centro Experimental Agropecuario Condoriri e instituciones del Fundo Universitario "La Violeta". Proyecto AgroLeg (CIAT-CIF-CIFP-SEFO). Cochabamba, Bolivia. 286 p.
- Monegat, C. 1991. Plantas de cobertura do solo: características e manejo em pequenas propriedades. Chapecó. Santa Catarina, Brasil. 337 p.

Conservación de la chala de maíz como ensilaje con rehidratación y aplicación de aditivos ¹

Jorge Delgadillo ², Rodrigo Rodríguez ², Sergio Arandia ³

¹ Extracto del documento de tesis del tercer autor

² Investigadores CIF "La Violeta", ³ Ing. Agrónomo, ex tesista del CIF

Resumen

Los pequeños agricultores de los valles interandinos de Bolivia, utilizan como fuente de abastecimiento de forraje para la época seca y fría, la chala de maíz. Este material cuenta con un nivel alimenticio bajo. Con este trabajo de investigación se busca dotar al agricultor de los valles, de una técnica de almacenaje que incremente el nivel alimenticio de la chala seca. Para cubrir este objetivo se desarrolló la técnica de conservación con rehidratación y aplicación de aditivos. Se efectuaron siete tratamientos utilizando urea, melaza y harina de maíz en diferentes combinaciones y se comparó con el forraje seco de la chala. Después del proceso de fermentación y análisis de tejido, se concluye que el ensilaje de chala de maíz con rehidratación y aplicación de aditivos mejora significativamente la calidad del producto original.

1 Introducción

Uno de los principales problemas que tiene el ganadero es el aprovisionamiento de forraje para el invierno. Es por esto que se ve la necesidad de adoptar técnicas de conservación de forraje y de esta manera poder garantizar la alimentación y producción animal.

La conservación de maíz como ensilaje es una técnica conocida y utilizada por los agricultores del país; consiste en un proceso de fermentación láctica anaeróbica, con producción de ácido láctico, lo cual baja el pH dejando el producto estabilizado, (Delgadillo 1997). Por eso se dice que la clave del éxito en el ensilaje, consiste en controlar esta fermentación. Este método de conservación permite guardar el forraje por largos periodos para garantizar la alimentación del ganado para la época otoño - invierno. En las zonas de valle, el pequeño agricultor, siembra maíz con doble propósito, el grano o choclo, para su autoconsumo o comercialización y la chala para alimentación de su ganado. Los agricultores de los valles, generalmente almacenan el rastrojo de maíz como chala seca al aire libre, sin embargo la calidad de este forraje es de bajo valor nutritivo. Por esta razón el presente trabajo

tuvo como finalidad mejorar la calidad de la chala almacenando en forma de ensilaje, agregando aditivos.

Esta técnica es una nueva alternativa de conservación de forraje no solo para el agricultor de la zona lechera de Cochabamba; sino también para todas las regiones del país dedicadas a la producción de maíz y que utilizan la chala para la alimentación animal.

El objetivo general del ensayo fue incrementar el valor nutritivo y la apetencia de la chala de maíz, conservando como ensilaje.

2. Materiales y métodos

El trabajo de investigación se llevó a cabo en el Fundo Universitario "La Violeta"(CIF). El material vegetal empleado fue chala de maíz de la variedad UMCPOPO. El principal criterio que se tomó para elegir esta variedad fue su alta demanda comercial y su aceptación por agricultor boliviano.

Los aditivos utilizados fueron: melaza, harina de maíz y urea, en las cantidades detalladas en el siguiente cuadro.

Cuadro 1. Cantidad de aditivos y agua utilizados por 100 kg de chala.

Aditivos	Cantidad (kg)	Cantidad de agua (litros)
Melaza	2.0	70.0
Urea	0.9	70.0
Harina de maíz	4.0	70.0

T-1	Chala pura (testigo)
T-2	Chala + Agua
T-3	Chala + Agua + Melaza
T-4	Chala + Agua + Harina de maíz
T-5	Chala + Agua + Urea
T-6	Chala + Agua + Melaza + Urea
T-7	Chala + Agua + Harina de maíz + Urea
T-8	Chala + Agua + Melaza + Harina de maíz + Urea

2.1. Método de ensilaje

- Construcción de silos, se construyeron silos pequeños con medidas de 1.5 m de largo, 1.0 m de ancho y 0.8 m de altura
- Impermeabilización del silo, se cubrió las paredes del silo con polietileno, evitando así la entrada de aire, humedad y contacto del material con la tierra.
- Picado de la chala, el tamaño del picado osciló entre 2 y 4 cm.
- Llenado del silo, aplicación de aditivos y compactación; se utilizaron 220 kg de chala de maíz por unidad experimental. Los aditivos fueron diluidos en agua y agregados en forma uniforme a la chala picada.
- Tapado de silos y tiempo de fermentación, se cubrió el forraje con polietileno y se dejó tapado 50 días para que se complete el proceso de fermentación.
- Apertura de silos y muestreo, se extrajeron muestras de 300 g para el traslado al laboratorio de nutrición.

Los tratamientos probados en el ensayo fueron los siguientes ocho tipos de alimento:

Cuadro 2. Cuadrados medios y significancia estadística de las pruebas de F en los análisis de varianza para seis variables en estudio en la conservación de chala de maíz como ensilaje.

Variable	Cuadrado medio	Coefficiente de variación (%)
Extracto Etéreo (%)	0.51 **	16
Fibra Cruda (%)	13.5 **	3
Extracto no Nitrogenado (%)	9.50 **	2
Proteínas (%)	4.77 **	8
Humedad (%)	340.3 **	9
pH	0.85 **	4

** Significativo al 1% de probabilidad estadística.

El tratamiento testigo no fue conservado como ensilaje, el análisis químico se efectuó en estado natural.

La investigación se efectuó, bajo el diseño experimental de bloques al azar, con 8 tratamientos y 4 repeticiones. La comparación de medias se realizó a través de la Prueba de Rango Múltiple de Duncan.

Se consideró siete variables de respuesta, seis de ellas en términos de valor nutritivo y evaluadas estadísticamente y una variable subjetiva, referida a la apetencia por parte de ganado vacuno sobre los tratamientos.

3. Resultados y discusión

Los resultados obtenidos en el análisis estadístico se presentan en el cuadro 2, donde se observa las diferencias altamente significativas entre tratamientos para las variables en estudio, con coeficientes de variación entre 2 y 16%. El cuadro 3 presenta los resultados promedio para las variables de respuesta evaluadas.

Cuadro 3. Promedios de seis variables de respuesta en la conservación de chala de maíz como ensilaje.

	Extracto Etéreo %	Fibra Cruda %	Extracto no nitrogenado %	Proteína %	Contenido de humedad %	pH
T-1 Chala pura (testigo)	0.4 e	37.9 <u>a</u>	48.5 ab	2.8 e	20.2 b	5.4 a
T-2 Chala + Agua	0.4 e	37.3 <u>a</u>	47.9 ab	3.5 d	39.9 a	4.3 b
T-3 Chala + Agua + Melaza	1.0 b	33.6 <u>d</u>	48.9 a	5.4 b	45.3 a	3.8 c
T-4 Chala + Agua + Harina de maíz	1.1 b	33.9 <u>d</u>	48.9 a	5.5 b	45.2 a	4.0 b
T-5 Chala + Agua + Urea	0.8 c	36.3 <u>b</u>	44.6 c	4.5 c	44.7 a	4.2 b
T-6 Chala + Agua + Melaza + Urea	0.8 c	34.9 <u>c</u>	46.4 b	5.1 b	42.3 a	4.2 b
T-7 Chala + Agua + Harina de maíz + Urea	1.4 a	33.4 <u>d</u>	47.0 b	6.0 a	42.8 a	4.2 b
T-8 Chala + Agua + Melaza + Harina de maíz + Urea	0.6 d	33.3 <u>d</u>	49.0 a	4.4 c	42.7 a	4.2 b

Valores con letras diferentes, dentro cada columna, difieren estadísticamente según la Prueba de Duncan ($p \leq 0.05$) para cada una de las seis variables de respuesta consideradas.

3.1. Extracto Etéreo

Según la prueba de Duncan, se observa que el tratamiento con aditivos (harina de maíz + urea), tiene mayor porcentaje de extracto etéreo. Además se puede apreciar que los tratamientos sin aditivos (chala rehidratada y chala seca), presentaron menores valores. La combinación de los aditivos energéticos, tratamiento 8 (melaza + harina de maíz + urea) presenta un elevado porcentaje de extracto etéreo en el proceso de fermentación.

3.2. Fibra Cruda

La chala sin rehidratación y la chala rehidratada, superan significativamente en el contenido de fibra cruda a los tratamientos que recibieron aditivos, lo que demuestra que con la aplicación de aditivos, la chala de maíz después del proceso de fermentación disminuye el contenido de fibra cruda, por lo tanto el forraje

conservado, utilizando aditivos, mejora la calidad puesto que al disminuir el porcentaje de fibra cruda aumenta la digestibilidad.

3.3. Extracto no Nitrogenado

El tratamiento con aplicación de urea, presenta el menor porcentaje de extracto no nitrogenado. Esto se justifica por la adición de nitrógeno en la urea que hace que sea más rico en contenido de proteína y no en elementos no nitrogenados como son los almidones y azúcares. El efecto negativo de la urea en el contenido de extracto libre de nitrógeno igualmente se puede observar en los tratamientos que recibieron aditivos. En el caso del tratamiento 8 (melaza + harina de maíz + urea), posiblemente la urea no tiene el mismo efecto negativo que en los otros tratamientos, porque se aplican otras dos fuentes energéticas que hacen que el contenido de extracto no nitrogenado se incremente.

3.4. Proteína

Con el tratamiento 7 (harina de maíz + urea) se alcanzó un valor de proteína significativamente superior a los demás tratamientos. En el caso de los tratamientos 6 (melaza + urea), 8 (melaza + harina de maíz) y 5 (urea), éstos incrementaron el contenido de proteína en 91, 96 y 98%, respectivamente, con relación al testigo tratamiento 1 (chala pura).

3.5. Contenido de humedad

El tratamiento 1 (chala pura), es el que presenta menor porcentaje de humedad debido a que este tratamiento no fue rehidratado. Los demás tratamientos tienen similar cantidad de humedad en su composición debido a que fueron rehidratados con la misma cantidad de agua, es decir 150 litros por tratamiento.

3.6. pH

El tratamiento con chala pura, mostró el mayor valor de pH. Esto se debe a que la chala del tratamiento testigo no se ensiló, por tanto no experimentó los cambios que se dan en el proceso de fermentación. El tratamiento (ensilaje de chala con aplicación de melaza) presentó el pH más ácido y que es estadísticamente diferente a los demás tratamientos, este resultado obedece al efecto de la melaza en el proceso de fermentación del ensilaje y producción de ácido láctico. Los tratamientos que recibieron urea presentaron pH más elevados porque al elevarse el contenido de proteína afecta negativamente en el proceso de fermentación láctica, por ende en la acidificación.

3.7. Apetencia

Con esta prueba subjetiva, se determinó el orden de preferencia de los tratamientos, por parte de ganado bovino. Así los ocho tratamientos se pudieron ordenar de la siguiente forma: T3 (melaza); T4 (harina de maíz); T7 (harina de maíz + urea); T8 (melaza + harina de maíz + urea); T6 (melaza + urea); T2 (chala rehidratada); T1 (chala seca); T5 (urea).

Estos resultados reflejan que los tratamientos rehidratados y con aditivos energéticos (melaza y harina de maíz) son los más consumidos por el animal. La adición de urea, por su elevado poder tampón, ejerce sobre todo una acción desfavorable en la apetencia del ensilaje (Duthil, 1976).

4. Conclusiones

- La conservación de la chala de maíz con aplicación de aditivos y rehidratación, es una práctica viable para mejorar la calidad del forraje y la apetencia del mismo.
- La incorporación de aditivos como melaza, urea y granos molidos a la chala de maíz en el proceso de ensilaje disminuye el porcentaje de fibra cruda y aumenta su digestibilidad.
- En la conservación de la chala de maíz los tratamientos que recibieron urea, presentaron incrementos en proteína superiores al 90 % y en el caso del tratamiento 7 superior al 100 %.
- Las características de calidad organoléptica y apetencia que posee los ensilajes de chala de maíz permiten visualizar que este material seco posee todas las bacterias necesarias para producir una buena fermentación.
- La adición de melaza en la conservación de chala de maíz permite un incremento significativo de la fermentación láctica y la acidificación del producto, estabilizando el ensilaje por el descenso del pH.
- La adición de urea pura en la conservación de chala de maíz como ensilaje disminuye la palatabilidad y retarda el descenso del pH, por su elevado poder tampón.

Referencias

- Arandia, S. 2000. Conservación de la chala de maíz como ensilaje con rehidratación y aplicación de aditivos. Tesis FCAyP-UMSS. Cochabamba, Bolivia. 74 p.
- Delgadillo, J. 1997. Apuntes de conservación de forrajes.
- Duthil, J. 1989. Producción de forrajes. Trad. del francés por Ruíz, M. 4 ed. Mundi Prensa. Madrid, España.

Conservación del amaranto (*Amaranthus caudatus* L.) como ensilaje puro y en mezcla con maíz y pasto elefante (*Pennisetum purpureum* cv. Camerún)¹

Jorge Delgadillo², Rodrigo Rodríguez², Edson Camacho³

¹ Extracto de la tesis de grado del tercer autor

² Investigadores CIF "La Violeta", ³ Ing. Agrónomo, ex tesista del CIF

Resumen

Con el presente trabajo de investigación se pretende ofrecer al agricultor una nueva alternativa para preparar ensilaje, en comparación al ensilaje tradicional de maíz. Para dicho efecto se utilizó el amaranto como cultivo alternativo. Se manejaron cinco tratamientos (ensilajes): tres especies puras y dos mezclas; maíz puro, amaranto puro, pasto elefante puro, amaranto + maíz y amaranto + pasto elefante. Una vez realizado el proceso de ensilaje y los análisis de laboratorio se concluyó, que el cultivo de amaranto se puede utilizar como una alternativa de alimento conservado nutritivo y altamente palatable.

1. Introducción

En nuestro medio la producción de forraje, está basada en especies pratenses y no pratenses, donde no llega a satisfacer las exigencias nutricionales del ganado lechero de un modo uniforme durante todo el año, esto se debe a factores climáticos adversos como sequías y heladas que impiden un óptimo desarrollo del forraje.

En los valles interandinos de Bolivia y principalmente en los valles de Cochabamba, existe un déficit de forraje en la época otoño – invernol, para lo cual los productores lecheros utilizan el rastrojo de maíz en la alimentación de los animales; en esta época las precipitaciones bajan considerablemente por lo que la producción de forraje también baja; otro aspecto que influye en forma negativa en la producción de forraje a nivel de valles es la agricultura de minifundio que en el caso del maíz no es suficiente para responder a la demanda de forraje por parte del ganado lechero, por lo que se recurre al uso de alimentos concentrados o balanceados, lo cual significa un costo de producción más elevado.

El amaranto es una planta eficiente en su proceso fotosintético ya que es una planta C4, mecanismo de fijación de carbono que supera en eficiencia al resto de las plantas C3. Las plantas C4, crecen en general, más rápidamente y responden bajo condiciones ambientales adversas. Hacen uso más eficiente del agua consumida para formar biomasa, en comparación con las plantas C3.

El amaranto por ser un cultivo de ciclo corto, tolerante a la sequía, con un alto valor nutritivo, con múltiples usos y formas de aprovechamiento, se considera como un cultivo alternativo para muchos lugares donde hay escasez e irregularidad de lluvias.

En el presente estudio se pretendió determinar las características de calidad del ensilaje de amaranto en forma pura y con mezcla con maíz, en comparación con el pasto elefante y así pueda ser una alternativa de alimentación para el ganado lechero, no solo del valle de Cochabamba, sino también para otras regiones del país, con el fin de ofrecer al productor lechero y ganadero un alimento de buena calidad.

El objetivo general del presente estudio fue determinar la calidad en términos de valor nutritivo y la apetencia del ensilaje de amaranto en forma pura y en mezcla con maíz y pasto elefante.

2. Metodología

El trabajo de investigación se llevó a cabo en el Centro de Investigación en Forrajes “La Violeta”, como un trabajo de tesis de grado para la FCAyP-UMSS (Camacho, 2004). En el trabajo se utilizó forraje verde recién cosechado de tres especies forrajeras: amaranto variedad Oscar Blanco, maíz forrajero variedad UMSS V-107 y pasto elefante (*Pennisetum purpureum*) cv. Camerún.

La cosecha se realizó en estado de masa de grano en el caso de maíz y amaranto y en el caso del pasto elefante se cosechó cuando las hojas basales empezaron a secarse, posteriormente fueron llevados a una picadora estacionaria, donde se realizó el picado en forma separada por especie.

Todos los pasos secuenciales del ensayo se describen a continuación:

Silos

Rústicos fabricados de piedra y adobe se impermeabilizaron con polietileno, para que de esta manera se evite el ingreso de humedad, aire y contacto del material vegetal con la tierra y el medio externo, para garantizar el proceso de fermentación adecuado del forraje.

Picado del forraje

Se efectuó con una picadora estacionaria, en tamaños de 3 a 5 cm, apropiado para obtener una buena compactación.

Dosificación de aditivo

Se aplicó al forraje picado de los tratamientos con amaranto, 1.02 kg de azúcar por

500 kg de forraje verde, para elevar el contenido de azúcares y garantizar el proceso de fermentación láctica.

Llenado del silo y compactación

Se realizó el llenado individual de los silos, para cada uno de los tratamientos, utilizando 500 kg de forraje. La aplicación del aditivo en los tratamientos con amaranto fue uniforme en capas, seguido por la compactación.

Tapado del silo y tiempo de fermentación

Después de ser llenado el silo, se cubrió el forraje con polietileno, para lograr el aislado del material vegetal, luego se cubrió el silo con una capa de 25 cm de tierra para ayudar en la compactación.

Apertura del silo y muestreo

Transcurridos los 60 días del llenado de los silos, se realizó la apertura de los mismos donde se tomaron muestras representativas de cada tratamiento, para el análisis químico respectivo. El trabajo se efectuó bajo el diseño de bloques completos al azar con 5 tratamientos y 2 repeticiones. La comparación de medias se realizó a través de la prueba de Rango Múltiple de Duncan.

Se consideró seis variables de respuesta, cinco de ellas en términos de valor nutritivo y evaluadas estadísticamente y una variable subjetiva, referida a la apetencia y calidad organoléptica del ensilaje producido. El análisis de calidad del ensilaje se realizó en el Laboratorio de Nutrición Animal de la FCAyP, UMSS.

3. Resultados y discusión

La presentación de los resultados y la discusión de los mismos, se realizó con los valores obtenidos del análisis de laboratorio, con muestras de cada uno de los tratamientos (cuadro 1).

Cuadro 1. Promedios de cinco variables de respuesta en la conservación de chala de maíz como ensilaje.

	Contenido de humedad %		pH		Extracto Etéreo %		Fibra Cruda %		Proteína %	
Maíz puro	71.4	a	3.44	b	1.79	c	23.12	c	4.2	d
Amaranto + maíz	73.9	b	3.55	b	2.31	b	23.8	c	5.1	c
Pasto elefante puro	75.3	b	3.87	a	2.02	c	29.3	b	4.4	d
Amaranto + Pasto elefante	76.0	b	3.74	a	1.94	c	31.7	a	6.1	b
Amaranto puro	77.7	c	3.85	a	2.51	a	28.3	b	7.8	a

Valores con letras diferentes, dentro cada columna, difieren estadísticamente según la Prueba de Duncan ($p \leq 0.05$) para cada una de las cinco variables de respuesta consideradas.

Contenido de humedad

El ensilaje de maíz puro presentó menor contenido de humedad, significativamente distinto al resto de los tratamientos, esta tendencia esta relacionada con el estado fisiológico del cultivo cuando este fue cortado, es decir en estado de masa del grano. Por el contrario, el ensilaje de amaranto puro mostró el mayor contenido de humedad, relacionado con el momento de la cosecha del forraje y el estado fisiológico en el que este se encontraba. Los otros tratamientos tienen contenidos de humedad intermedios por tratarse de mezclas entre las dos especies.

El contenido de materia seca de los forrajes a ser conservados como ensilaje es uno de los requisitos más importantes para lograr una buena conservación con calidad, que según Choque, 2002 debe ser superior a 25% de materia seca.

pH

Los ensilajes de maíz puro y maíz asociado con amaranto, presentaron los menores valores de pH debido al elevado contenido de azúcar y materia seca del maíz, responsables de la fermentación láctica y formación de ácido láctico, factor importante en el proceso de ensilaje. El ensilaje de pasto elefante puro, pasto elefante asociado con amaranto y amaranto puro presentaron contenidos de pH me-

nos ácidos por las características fisiológicas del forraje en el momento de la cosecha, ya que tanto el amaranto como el pasto elefante fue cortado en fases más tempranas que en el caso del maíz.

Observando los resultados, se puede aseverar que de forma general hubo una buena fermentación y el ensilaje se realizó en condiciones óptimas ya que todos los tratamientos presentaron valores de pH inferiores a 4.5 que es el valor aceptable para un ensilaje de buena calidad (Choque, 2002).

Extracto Etéreo

El amaranto puro mostró mayor porcentaje de extracto etéreo con un promedio significativamente superior a los otros tratamientos. Cabe señalar la importancia que tiene la cantidad de Extracto Etéreo que producen los forrajes en el proceso alimenticio de los animales, que es un factor de importancia para el metabolismo del animal, porque en nutrición animal energía es sinónimo de Extracto Etéreo (Molina, 2000).

Fibra Cruda

El ensilaje de pasto elefante puro, amaranto puro y la mezcla de ambos, presentaron contenidos de fibra cruda más altos, en comparación al ensilaje de maíz puro y la mezcla maíz más amaranto.

Proteína Cruda

El amaranto puro presentó mayor porcentaje de proteína cruda (7.8%), estadísticamente superior a los demás tratamientos, por las características de la especie. El ensilaje de maíz puro y pasto elefante puro tienen en su composición menor porcentaje de proteína cruda por tratarse de gramíneas, especies con mayor cantidad de carbohidratos antes que proteínas.

4. Conclusiones

- Es viable la utilización del amaranto con fines de conservación de forraje. Así, el amaranto puro o en mezclas en el proceso del ensilado, supera la calidad nutritiva en términos de proteína y extracto etéreo, en comparación con el ensilaje clásico de maíz puro.

- Los ensilados de maíz puro y amaranto + maíz, en el proceso de ensilaje producen más ácido láctico y como consecuencia sus valores de pH son menores en relación a los otros tratamientos, por lo que el ensilaje logrado es de mayor calidad.

Referencias

- Camacho, R. 2004. Conservación del amaranto (*Amarantus caudatus* L.) como ensilaje puro y en mezcla con maíz y pasto elefante. Tesis Ing. Agr. Universidad Mayor de San Simón. Cochabamba, Bolivia. 69 p
- Choque, L. 2002. Producción y manejo de especies forrajeras, Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú. pp. 237.
- Molina, E. 2000. Nutrición animal, guía de laboratorio. UMSS. Cochabamba. Bolivia. pp 35.



Picado de la biomasa verde del pasto elefante, maíz y amaranto, con ayuda de Una picadora estacionaria en "La Violeta"



Pasto elefante (*Pennisetum purpureum* cv. Camerún), en La Violeta durante primavera verano. No tolera el frío pero rebrota a partir del mes de septiembre.

Llenado de los silos experimentales con chala de maíz rehidratada



Identificación preliminar de la cancrrosis del tallo del tagasaste (*Chamaecytisus proliferus* ssp. *palmensis*) en invernadero ¹

Mery Hervas de Quitón ², Roxana López ³

¹ Extracto de la tesis de grado de la segunda autora;

² Investigadora CIF “La Violeta”, ³ Ing. Agrónoma, ex tesista del CIF

Resumen

A partir de la introducción en nuestro medio, de la especie arbustiva tagasaste, el CIF encaró una serie de ensayos agronómicos con esta especie. La acción primaria y básica es la multiplicación del tagasaste vía vivero, de allá que se orientó un trabajo para evaluar y caracterizar el daño que puedan causar agentes fitopatológicos en las plántulas de esta especie que se estaban multiplicando en el CIF. La principal sintomatología encontrada se relacionó con daños propios de la cancrrosis del tallo. Se diseñó un trabajo probando 7 diferentes inoculaciones con hongos unitarios e interactuado entre dos tipos de hongos (comparando con un tratamiento testigo). En base a pruebas de patogenicidad a través de los cuatro Postulados de Koch, se determinó como agentes causales de la cancrrosis a los agentes fitopatógenos *Fusarium oxisporum*, *Phoma* sp. y *Phomosis* sp., siendo el complejo patológico *Fusarium-Phoma-Phomosis* el agente causal más agresivo de la cancrrosis en el haz vascular de las plántulas de tagasaste sometidas a este tratamiento de inoculación, tanto en términos de incidencia como de severidad.

1. Introducción

La continua disminución de bosques naturales en Bolivia exige adoptar medidas de mitigación para frenar el proceso destructivo ocasionado por la constante deforestación. En los últimos años los árboles y arbustos forrajeros cobran mayor importancia para la alimentación del ganado en especial por ramoneo. El 50% de las áreas de pastoreo en Cochabamba están constituidas por gramíneas de bajo valor nutritivo, por ello es una ventaja establecer gramíneas asociadas con leguminosas forrajeras arbustivas. Estos árboles y/o arbustos multipropósitos, tienen un potencial natural al ser fijadores de nitrógeno en el suelo, como fuente de proteína para la alimentación animal y a la vez de utilizarse como cercos vivos y otros usos que puede darle el agricultor en sus parcelas.

Por lo anterior, es de gran necesidad el establecer especies arbustivas como el tagasaste (*Chamaecytisus proliferus* ssp. *palmensis*), que es una leguminosa arbórea de alto valor nutritivo para la alimentación de los animales de granja, para la producción de leche o carne,

además de ser resistente a la sequía y se adapta a diferentes tipos de suelos.

La investigación fitopatológica en esta especie de gran potencial forrajero es prioritaria dentro el proceso de su adaptación, manejo, producción y difusión, que permita atender los requerimientos de los animales de granja y en especial en aquellas regiones donde el pastoreo por ramoneo es una práctica rutinaria y en la que las especies leguminosas son las preferidas y muchas de ellas se encuentran en proceso de extinción.

Por los antecedentes mencionados se priorizó la investigación con los siguientes objetivos (López, 2005):

- Identificar el o los agentes causales de la cancrrosis del tallo, presentes en plántulas de tagasaste en invernadero.
- Probar la patogenicidad del o de los patógenos causantes.
- Caracterizar los síntomas que produce la cancrrosis en las plantas.

2. Materiales y métodos

Materiales:

A partir de la preparación del sustrato hasta el aislamiento de síntomas, se utilizaron los siguientes materiales:

- Material biológico: semillas de tagasaste.
- Materiales de invernadero.
- Materiales de laboratorio: equipos, materiales de vidrio y reactivos.
- Medios de cultivo: PDA, Agar-Agua

Metodología:

El trabajo de investigación se inició identificando en invernadero, plántulas con síntomas característicos de cancrisis (lesiones de color oscuro en la base del tallo). El sustrato se preparó con dos partes de arena fina, dos de materia orgánica (tierra vegetal) y una parte de limo. Se esterilizó el sustrato con un fumigante de suelo: Metham sodium, 1, 3 – dicloropropene (Basamid), siguiendo la dosis y metodología que indica el producto. El sustrato esterilizado se conservó en bolsas de plástico de 20 x 10 cm. Estas bolsas se acomodaron en invernadero de acuerdo a la distribución establecida en el diseño experimental.

La siembra con semillas previamente escarificadas, se realizó colocando de 3 a 4 semillas por bolsa en la superficie y se cubrió con 2 cm de arena fina.

Metodología de laboratorio

El cumplimiento de los Postulados de Koch se efectuó en laboratorio de acuerdo al siguiente orden:

Primer postulado:

El microorganismo o agente fitopatógeno, siempre debe estar asociado con la enfermedad y a su vez, la enfermedad no debe presentarse sin que el organismo o agente causal se encuentre presente o haya estado presente.

Se inició seleccionando plantas con síntomas de cancrisis, en un plantel de plantas ya desarrolladas en invernadero.

Segundo postulado:

El organismo o agente fitopatógeno debe ser aislado en cultivos “in vitro” y deben estudiarse sus características específicas.

Para cumplir este postulado se prepararon los medios de cultivo en placas de Petri estériles, tomando en cuenta el siguiente detalle:

PDA (papa-dextrosa-agar)

Papa = 250 g (peladas y picadas)

Dextrosa = 15 g

Agar = 15 g

Agua destilada = 1000 ml

AA (agar – agua)

Agar agar = 15 g

Agua destilada = 1000 ml

Una vez preparados los medios se vaciaron a frascos Erlenmeyer cuidadosamente tapados con algodón y lámina de aluminio. Este material se esterilizó en autoclave a 1.5 atmósferas de presión por espacio de 15 minutos, conjuntamente los instrumentos de disección.

Los medios esterilizados se vaciaron en caliente dentro de la cámara de flujo laminar a las cápsulas de Petri, colocando aproximadamente de 20 a 25 ml por placa. Se dejaron de 3 a 4 días dentro la cámara A. Contando con el material estéril, se trabajó el aislamiento artificial dentro de la cámara de flujo laminar, iniciándose con la extracción de tejidos enfermos de las plántulas con síntomas, los cuales se desinfectaron con el siguiente procedimiento:

- a) lavado de tejidos en agua destilada estéril;
- b) sopado de tejidos en alcohol al 96%;
- c) inmersión por 30” en hipoclorito de sodio al 1.5%;
- d) lavado en agua destilada estéril.

Terminada la desinfección de los tejidos y con el material estéril, se realizó el cultivo de los tejidos enfermos en los medios PDA y AA, colocándose 5 pedazos de tejidos enfermos por placa.

Una vez sembradas las placas de Petri, se depositaron en lugar aséptico a temperatura ambiente para el desarrollo de los microorganismos. Observado el desarrollo de las colonias de hongos en las placas, se efectuaron los respectivos “repiques” para obtener cultivos puros de cada una de las colonias diferentes. Posteriormente se efectuó las observaciones microscópicas de las características morfológicas de las diferentes estructuras de los hongos desarrollados, comparándose con las claves específicas de identificación.

Tercer postulado:

Las plantas sanas inoculadas con el posible agente fitopatógeno desarrollado en cultivo puro, deben reproducir los síntomas característicos de la enfermedad.

Para cumplir este postulado, se realizó la inoculación cuando las plántulas alcanzaron una altura de 20 a 25 cm, realizando una herida en la parte inferior del tallo y colocando en el interior partes vegetativas y reproductivas de los hongos aislados, siguiendo la distribución del diseño experimental.

En invernadero se mantuvo una temperatura entre 25° y 30° C, y una humedad relativa constante entre 90% a 100% para dar las condiciones favorables a fin de que los hongos inoculados puedan infectar a la planta.

A la aparición de síntomas en el follaje de la planta, se realizaron evaluaciones periódicas a partir de los 25 días después de la inoculación.

Cuarto postulado:

El microorganismo debe ser reaislado y sus características deben coincidir con las determinadas en el segundo postulado.

A través de este postulado se puede comprobar la patogenicidad de los hongos aislados. El re aislamiento se efectuó en forma similar al segundo postulado y con la misma metodología. Las colonias desarrolladas en este re aislamiento, se compararon con las del primer aislamiento, realizándose nuevamente preparaciones microscópicas de estructuras vegetativas y reproductivas (esporas, micelios, aparatos fructíferos) y se compararon con las obtenidas en el primer aislamiento.

Diseño experimental

El presente trabajo de investigación se distribuyó en un diseño experimental de bloques completamente al azar con 8 tratamientos, cada uno con 12 plantas y 4 repeticiones. La unidad experimental fue de 3 plantas, una planta por maceta, siendo los tratamientos los siguientes:

- T1 = Inoculación con *Fusarium* sp.
- T2 = Inoculación con *Fusarium - Phoma*.
- T3 = Inoculación con *Fusarium - Phomopsis*.
- T4 = Inoculación con *Phoma*.
- T5 = Inoculación con *Phomopsis*.
- T6 = Inoculación con *Phoma - Phomopsis*.
- T7 = Inoculación con *Fusarium - Phoma - Phomopsis*.
- T8 = Testigo (sin inoculación).

3. Resultados y discusión

Las condiciones ambientales registradas en el periodo de la investigación (2002-2003), fueron desfavorables para el desarrollo de los patógenos, por lo que tuvo que efectuarse riegos adicionales para favorecer la infección de la cancrrosis en las plantas inoculadas. Los resultados de la prueba de patogenicidad, a través de los 4 postulados de Koch, determinaron como agentes causales, a los siguientes fitopatógenos:

- *Fusarium oxisporum*
- *Phoma* sp.
- *Phomopsis* sp.

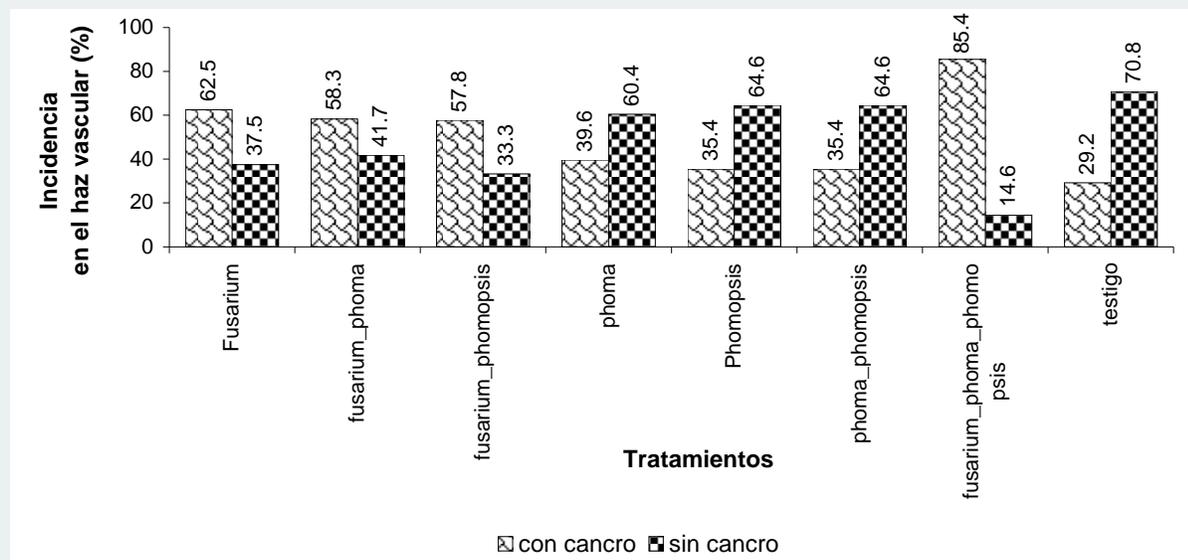


Figura 1. Incidencia de la cancrrosis en ocho tratamientos en plántulas de tagasaste en La Violeta.

A los 25 días de la inoculación se inició la reproducción de los síntomas con todos los tratamientos. La incidencia de la enfermedad se mostró constante hasta los 125 días después de la inoculación. A partir de los 145 días se observó diferencias de los tratamientos 1, 4 y 5, habiendo alcanzado el 73% de incidencia el tratamiento 1. La característica patogénica de *Fusarium*, cuyas infecciones se localizan en los haces vasculares, siempre producen alta agresividad en la planta. *Phoma* y *Phomopsis*, alcanzaron el 52% y 32% de incidencia respectivamente, que se explica por la forma crónica de infección que caracteriza a estos patógenos. La figura 1, muestra el detalle de la incidencia de los tratamientos.

En la figura 1, se observa los efectos que produjeron los diferentes patógenos en los tejidos vasculares y el parénquima adyacente; los que ocasionaron necrosis interna en las plantas inoculadas. El tratamiento 1 de *Fusarium* sp. produjo una incidencia de cancrrosis tal que llega a confirmar que este patógeno afectó en mayor proporción que los otros tratamientos.

La interacción de *Fusarium-Phoma*, tratamiento 2 presentó síntomas de cancrros del 58% en plantas inoculadas. Los tratamientos 6, *Phoma* y *Phomopsis* individuales y en la inter-

acción se observa que su patogenicidad, para la formación de cancrros, es menor. Esta tendencia indica que ambos tienen incidencia menor, alcanzando datos inferiores al 40% debido a que éstos patógenos necesitan condiciones adecuadas para su desarrollo y la patogenicidad de cada uno de ellos es de tipo crónica.

La interacción de *Fusarium-Phoma-Phomopsis*, tratamiento 7, forma un complejo patológico foliar produciéndose un sinergismo entre los tres patógenos llegando su patogenicidad a un porcentaje de 85% de incidencia. La reacción patogénica de los tres patógenos juntos queda demostrada que es mayor que cuando están solos.

El testigo (tratamiento 8), presenta un porcentaje bajo de cancrrosis, pese a no ser inoculado, presentando un porcentaje de 23%, esto pudo ser ocasionado por contaminación o dispersión de las esporas de los patógenos presentes en las plantas inoculadas por el riego realizado (aspersión), o por exceso de humedad en el sustrato que produjo muerte de raicillas, heridas de insectos u otros.

Los resultados de la evaluación de severidad de la cancrrosis en los diferentes tratamientos, se presentan en el siguiente cuadro.

Cuadro 1. Evaluaciones de severidad en plántulas de tagasaste con 8 tratamientos en evaluación.

Tratamientos	Evaluaciones									
	1ra	2da	3ra	4ta	5ta	6ta	7ma	8va	9na	10ma
<i>Fusarium</i>	0	0	1	1	2	2	3	3	3	4
<i>Fusarium Phoma</i>	0	0	0	1	1	1	2	2	3	3
<i>Fusarium Phomopsis</i>	0	0	0	0	1	1	1	2	2	2
<i>Phoma</i>	0	0	0	0	1	1	1	1	1	2
<i>Phomopsis</i>	0	0	0	0	0	1	1	1	1	2
<i>Phoma Phomopsis</i>	0	0	0	0	1	1	1	1	2	2
<i>Fusarium Phoma Phomopsis</i>	0	1	1	2	2	2	3	3	4	5
Testigo	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1

Las evaluaciones de severidad se realizaron observando el desarrollo del cancro en la parte de la herida inoculada, alrededor del tallo en las plantas de tagasaste, alcanzando durante todo el periodo de la investigación una severidad casi constante en todos los tratamientos. Al final de las evaluaciones 9 y 10 ya se pudo observar un aumento de la severidad, que culminó en la última evaluación con una severidad de 4-5 en la escala de Sinclair; donde las plantas llegaron a morir.

En el tratamiento de *Fusarium* sp. se observó que la severidad en el desarrollo del cancro, tiene un avance más notable que los otros tratamientos llegando al nivel 4 (60-80%), interpretándose que el cancro es de tipo de desarrollo crónico, pero con el transcurso del tiempo este puede llegar a afectar la vida de las plantas.

En el tratamiento de *Fusarium - Phoma - Phomopsis* se puede observar que el nivel de

severidad durante la investigación fue incrementándose, llegando al nivel de 5 (80-100%), y a medida que avanzaba la enfermedad afectaba la vida de las plantas, llegando a causar una necrosis total de las mismas, tal como se puede observar en la figura 2.

En la figura anterior se observa que el mayor porcentaje de plantas muertas se dio en el tratamiento 7 (*Fusarium, Phoma y Phomopsis*). El segundo fue en el tratamiento 1 (*Fusarium*) y el menor en el testigo.

Asimismo se determinó el efecto negativo de la enfermedad en la formación de nódulos rizobianos en las raíces de las plantas inoculadas frente al testigo, el cual tuvo la mayor producción de nódulos vivos alcanzando casi el 97%, confirmándose la incidencia directa entre la enfermedad y la acción fijadora biológica de nitrógeno.

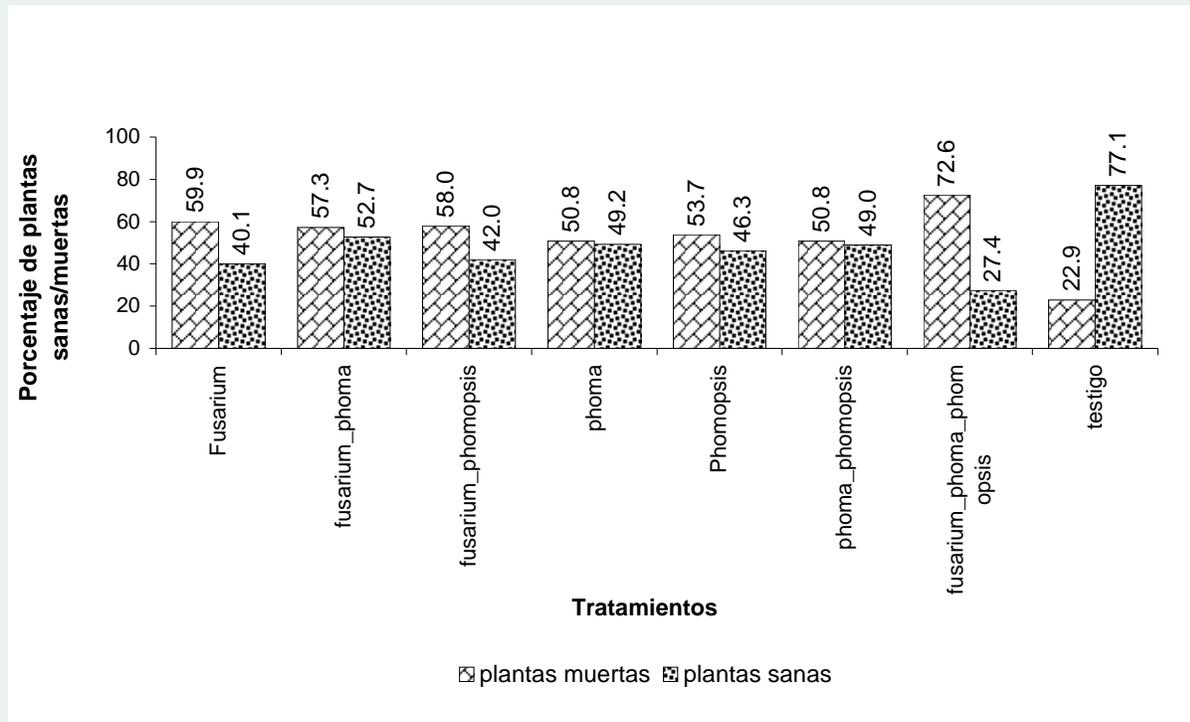


Figura 2. Porcentaje de plántulas de tagasaste. sanas y plantas muertas inoculadas.

4. Conclusiones

- Basados en las observaciones de los síntomas de la enfermedad denominada "cancrosis", en plantas de tagasaste, colectadas a nivel de invernadero, los aislamientos realizados y las pruebas de patogenicidad, se pudo determinar que los agentes causales de esta enfermedad son los hongos *Fusarium oxysporum*, *Phoma* sp. y *Phomopsis* sp. cuya patogenicidad fue probada a través de los cuatro pasos de los Postulados de Koch.
- El complejo patológico formado por los hongos *Fusarium-Phoma-Phomopsis* es el causante más agresivo de la cancrrosis del tagasaste, alcanzando un porcentaje del 68% de incidencia y el grado 5 de la escala de severidad.
- La cancrrosis llega a causar la muerte de las plántulas debido al efecto del bloqueo vascular alrededor del tallo a partir del punto de la inoculación y a la muerte de tejido que llega a alcanzar todo el grosor del tallo.
- La cancrrosis tiene un efecto negativo en la formación de nódulos y por tanto en la fijación biológica de nitrógeno y el peso de la raíz, esto quiere decir que el cancro afecta el desarrollo radicular, en el peso de la raíz, y en la formación de nódulos radiculares.

Referencias

- López, M. 2005. Identificación preliminar de la cancrrosis del tallo del tagasaste (*Chamaecytisus proliferus* ssp. *palmensis*) en invernadero en el Centro de Investigación en Forrajes CIF "La Violeta". Tesis Ing. Agr. FCAYP-UMSS. Cochabamba, Bolivia. 90 p.



Centro de Investigación en Forrajes "La Violeta"

Empresa de Semillas Forrajeras SEFO-SAM



Avena sativa



El esfuerzo conjunto de dos instituciones al servicio de la ganadería en Bolivia, a través del mejoramiento de la oferta forrajera y la producción de semilla de calidad



Trifolium pratense

Cratylia argentea



Stizolobium deeringianum

Zea mays



Atriplex nummularia



Sistemas agrosilvopastoriles en el Valle del Sacta



Cebadas capuchonas en Tiraque



Variedades de alfalfa en el Altiplano Central