

Evaluación comparativa de la producción de forraje verde y chala de sorgo y maíz, en condiciones de secano en Tejería (Pasorapa)

Zoraida Cuizara Felipe ¹; Eduardo Castellón Urdininea ^{1,2};
José Espinoza Herrera ^{1,2}; Edson Camacho Marquez ²;
Hernán Campos Garvizu ²; Ruddy Meneses Arce ²

¹ Proyecto COTRIFOR ² Centro de Investigación en Forrajes "La Violeta" (CIF-UMSS)

E mail: cifUMSS@yahoo.com

Resumen. En Tejería (zona semi árida de Pasorapa, cono sur de Cochabamba), en dos ciclos agrícolas sucesivos, se comparó la producción de forraje de 10 variedades de sorgo y 2 de maíz (una de ellas fue la variedad local "Morochó", como testigo), en una parcela a secano. La siembra se realizó en diciembre de 2018 y se evaluó en el ciclo 2018-2019 en cuatro momentos: *a estado verde, inicio de estado de chala del maíz, rebrote de 70 días del sorgo evaluado en estado verde y finalmente el rebrote del sorgo en el siguiente ciclo agrícola (2019-2020)*. Destaca el nivel productivo del sorgo, que supera a las variedades de maíz a estado de chala, con la ventaja adicional de tener rebrote en el mismo ciclo agrícola o más aún, en un siguiente ciclo. La variedad local de maíz, si bien es la que menor cantidad de forraje produce, es muy importante, ya que por su precocidad llega a producir grano en una zona donde el periodo de lluvias es muy corto y el aporte lluvioso muy pobre, con una agricultura a secano. Se plantea aumentar la superficie de producción con maíz forrajero o con sorgo, de tal manera que en el balance final, se obtenga grano y forraje (sea verde o chala) con mayor eficiencia cuali y cuantitativa, manteniendo el maíz local, en función de la seguridad alimentaria del productor.

Palabras clave: Zonas semi áridas; Biomasa verde y seca; Rebrote; Capacidad productiva

Abstract: **Comparative evaluation of green forage and sorghum and corn husks production, under rainfed conditions in Tejeria (Pasorapa).** In Tejeria (A semi-arid zone in Pasorapa southern cone of Cochabamba), in two successive agricultural cycles, the forage production of 10 varieties of sorghum and 2 of corn was compared (one of them was the local variety "Morochó", as a witness), on a rainfed crop. The sowing was carried out in December 2018 and was evaluated in the 2018-2019 cycle in four moments: to the green state, the beginning of the corn husk state, the regrowth of 70 days of sorghum evaluated in green state and finally the regrowth of sorghum in the following agricultural cycle (2019-2020). The productive level of sorghum stands out, which exceeds the varieties of corn in the husk state, with the additional advantage of having regrowth in the same agricultural cycle or even more, in a following cycle. The local variety of corn, although it is the one that produces the least amount of forage, is very important, due its precocity it produces grain in an area where the rainy period is very short and the rainy contribution is very poor, with a rainfed agriculture. It is proposed to increase the production area with forage corn or with sorghum, in such a way that, in the final balance, grain and forage are obtained (green or with husks) with greater qualitative and quantitative efficiency, maintaining local corn, depending on the food security of the producer.

Keywords: Semi-arid zones; green and dry biomass; regrowth; productive capacity

Introducción

El cultivo de sorgo se destaca por su resistencia a la sequía y al calor, lo cual hace de él un cultivo importante en regiones semi áridas y áridas, siendo uno de los cultivos más importantes del mundo. Actualmente la producción de sorgo está dedicada en su gran mayoría a la producción de forraje para alimentación de ganado vacuno, fabricación de concentrados y en mínima parte a la producción de biocombustibles y alimentación humana (FAO 2017).

Por su parte, el maíz probablemente es una de las especies forrajeras más importantes para la alimentación humana y animal, tanto a nivel internacional como nacional. En Bolivia, el maíz es un cultivo tradicional, de alto valor alimenticio, que lo sitúa como principal materia prima en la elaboración de alimentos balanceados para aves y ganado, ensilaje para ganado lechero en especial, y claro está para alimentación humana, siendo un componente esencial en la dieta humana, con especial interés para pequeños y medianos productores de las zonas tropicales y andinas de Bolivia (Acebey 2005).

El presente estudio busca comparar la capacidad de producción de la biomasa forrajera de variedades de sorgo, con la de variedades de maíz, en forraje verde y particularmente en estado de chala del maíz, que es una de las principales formas de aprovechamiento del maíz, en especial en zonas del Cono Sur del departamento de Cochabamba. Se asume que el sorgo producirá mayor y mejor biomasa forrajera que el maíz, en estado verde o en forma de chala seca, bajo condiciones de secano en zonas áridas y semi áridas, en este caso en Tejería (Pasorapa, Cochabamba).

El municipio de Pasorapa pertenece a la segunda sección de la provincia Narciso Campero y se encuentra localizado en el extremo Sudeste del departamento de Cochabamba, a 310 km de la ciudad del mismo nombre. Tiene una extensión de 2.245,46 km² aproximadamente, representando 37.53% con relación a la superficie total de la provincia Narciso Campero.

Pasorapa limita al Noreste con el municipio de Saipina (Santa Cruz) y al Noroeste con el municipio de Omereque (Cochabamba), al Este con los municipios de Moro Moro y Vallegrande (Santa Cruz), al Sureste con el municipio de Pucara (Santa Cruz), al Sur con los municipios de Villa Serrano y Mojocoya (Chuquisaca) y al Oeste con el municipio de Aiquile (Cochabamba).

El Plan de Desarrollo Municipal 2007-2011 del Gobierno Municipal de Pasorapa (2007), detalla los siguientes factores climáticos adversos para este municipio:

- Uno de los riesgos que afecta al desarrollo agrícola y pecuario del municipio es la deficiencia de agua por las características de clima semiárido que tiene. Existen zonas donde se han incrementado los periodos de sequía, con relación a anteriores periodos agrícolas, creando pérdidas importantes en los diferentes cultivos.

- A nivel municipal, por lo general, las lluvias comienzan en el mes de octubre continuando hasta el mes de marzo y abril. El periodo de sequía comienza a partir de marzo; pero por lo general incide más desde el mes de mayo, hasta el mes de octubre cuando comienzan las lluvias. Las heladas empiezan en el mes de abril hasta junio o julio a más tardar. También aparecen heladas en el mes de

septiembre, afectando los cultivos ya desarrollados de la temporada. La neblina que viene acompañada con frío húmedo ("surazo"), aparece desde el mes de abril y continúa hasta el mes de julio, en especial en zonas más altas, donde se tiene mayores condiciones de humedad y por tanto vegetación, que las partes bajas del valle (entre Pasorapa y Tabacal). Se reconoce que el factor adverso natural más importante es la sequía, que afecta a gran parte del territorio del municipio. Según el *Mapa Preliminar de Desertificación de Tierras*, el municipio de Pasorapa se encuentra clasificado con un índice alto de desertificación (Gobierno Municipal de Pasorapa, 2007).

Pasorapa presenta un clima de valle mesotérmico a semiárido mesotérmico (templado). Destaca la producción de cultivos tradicionales que prevalecieron por su adaptación a los factores climáticos, condiciones de suelo y su utilización por los habitantes de la zona, siendo el principal cultivo el maíz, el cual se utiliza para la producción de grano destinado a consumo humano y comercialización, y para la obtención de chala destinada al consumo animal.

Dadas las condiciones climáticas, principalmente ligadas a disponibilidad de agua, se maneja algunas variedades locales muy precoces, entre ellas destaca la variedad *Morocho*, la cual llega a cumplir su ciclo productivo en los pocos meses donde se tiene lluvias, sin embargo, en varios ciclos agrícolas, la sequía incluso perjudica a éstas variedades y se llega a disminuciones productivas extremas, siendo que en algunos años la producción de chala es mínima y la de grano prácticamente nula. Esta situación motivó al CIF-UMSS a buscar opciones, en este caso forrajeras, con una especie alternativa al maíz, como es el sorgo forrajero.

Materiales y métodos

El ensayo se realizó en el marco de trabajo del Proyecto COTRIFOR, en la comunidad de Tejería, cercana a Pasorapa, sobre el camino entre Pasorapa y Tabacal, con el apoyo de la cooperante Celestina Arimosa. La ubicación geográfica de la parcela es: latitud Sud 18°21'20.3", longitud Oeste 64°39'01.2", a una altitud de 2039 msnm (Google Earth Pro, 2020).

En Pasorapa y su entorno, la cantidad de lluvia se concentra en cuatro meses, con un nuevo ciclo que empieza a veces en noviembre, pero con más certeza a partir del mes de diciembre. No se cuenta con datos específicos para Pasorapa sobre cantidad de lluvia anual; de acuerdo con datos de los últimos 20 años, en tres estaciones de referencia más próximas, se tiene la siguiente información: 630 mm/año en Vallegrande, 514 mm/año en Redención Pampa y 577 mm/año en Aiquile (Gobierno Autónomo Municipal de Pasorapa, 2021).

Se estima que en Pasorapa y más aún en Tejería, estos niveles de lluvia sean mucho más bajos. Así, Cabrera (s/f) reporta datos no oficiales de precipitación en Pasorapa en los últimos cinco ciclos agrícolas (2016 a 2021), indicando una media de 294 mm/año, con extremos de 364 mm/año para el periodo 2017-2018 y 248 mm/año para el ciclo 2020-2021 (Figura A).

Esta precipitación, además de ser muy escasa, se concentra en pocos meses, lo cual, en muchos años agrícolas, provoca desde una severa reducción, hasta pérdidas totales de la producción de maíz, especie de alta importancia en la zona, en función a la producción de chala para el ganado y grano para consumo humano.

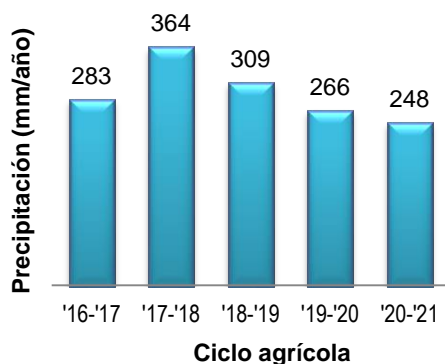


Figura A. Precipitación en Pasorapa para los últimos cinco ciclos agrícolas

Fuente: Cabrera s/f.

Los datos de la figura anterior muestran que en Pasorapa, la precipitación anual conlleva serias restricciones para el desarrollo normal de los cultivos, más aun cuando son manejados a secano, como fue el caso del presente ensayo, al ser esta una condición prevalente para la mayoría de los suelos productivos en Pasorapa.

El Cuadro 1 detalla las características edáficas de la parcela experimental, que ponen de relieve las condiciones físicas y químicas de los suelos de estas zonas áridas a semi áridas del Cono Sur de Cochabamba.

En base al Cuadro 1, se puede indicar que si bien la textura del suelo es la más adecuada para fines agrícolas (Villaruel 1988), el *muy bajo* contenido de materia orgánica limita la retención de humedad y un adecuado desarrollo radicular de los cultivos, situación que sumada al *muy bajo* nivel de fósforo y *bajo nivel* de nitrógeno, generan condiciones muy limitantes para que los diferentes cultivos expresen medianamente su potencial productivo.

La salinidad y acidez del suelo no presentan mayores limitantes, más aún para el sorgo, ya que prospera de manera adecuada en suelos alcalinos, con un pH entre 6.2 a 7.8 (FORRATEC 2015).

Cuadro 1. Características químicas y físicas del suelo en la parcela experimental de Tejería, donde se realizó el ensayo con variedades de sorgo (2018-2020)

Características físicas					
% Arcilla	% Limo	% Arena	Textura	Densidad aparente (g/cm ³)	
17	31	52	Franca	1.33	
Características químicas					
pH (1:2.5 (suelo-agua))	CE (mmhos/cm)	Potasio (meq/100 g)	Materia orgánica (%)	Nitrógeno total (%)	Fósforo disponible (ppm)
6.3	0.141	0.83	0.97	0.059	1.2
Interpretación de los parámetros químicos del suelo (Villaruel 1988):					
<i>Débilmente ácido</i>	<i>No salinos</i>	<i>Alto</i>	<i>Muy bajo</i>	<i>Bajo</i>	<i>Muy bajo</i>

Fuente: Laboratorio de Suelos y Aguas FCAyP-UMSS. Evaluación de marzo de 2019 (nro. 107).

Las evaluaciones se basaron en un ensayo sembrado el 18 de diciembre de 2018, el cual se estableció como parcela de investigación en un diseño experimental de bloques al azar con 12 tratamientos (10 variedades de sorgo y 2 variedades de maíz -Cuadro 2-), con 6 repeticiones.

Las densidades de siembra empleadas fueron las comercialmente recomendadas por la Empresa Universitaria de Semillas Forrajeras (SEFO-SAM) y por el Centro de Investigación en Forrajes "La Violeta" (CIF-UMSS), vale decir 15 kg/ha para el sorgo y 30 kg/ha para el maíz.

Se trabajó en una parcela cuyo suelo se preparó con maquinaria agrícola, con arado, rastrado y nivelado. El surcado se realizó manualmente, "abriendo" surcos a cada 0.5 m, con 6 surcos de 5 m de largo, por unidad experimental.

La principal variable de respuesta fue la producción de biomasa forrajera en estado verde, a estado de chala (en maíz) y el

rebrote de las variedades de sorgo. Así, a partir de la siembra, las evaluaciones productivas de forraje, se centraron en los siguientes cuatro momentos en dos ciclos agrícolas (2018-2019 y 2019-2020):

- **En forraje verde:** Evaluación del 14 de marzo de 2019, a 86 días de la siembra (dds).
- **A estado de inicio de chala en maíz:** Evaluación del 17 de abril de 2019, a 120 dds.
- **Rebrote del sorgo en el mismo ciclo agrícola:** Evaluación del 23 de mayo de 2019, a 70 días de rebrote de parcelas cortadas el 14 de marzo de 2019.
- **Rebrote del sorgo al segundo ciclo agrícola desde la siembra:** Evaluación del 15 de enero de 2020, a 393 días de la siembra original del 18 de diciembre de 2018.

El germoplasma considerado en el ensayo, se detalla en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Procedencia de las variedades de sorgo y maíz evaluadas en Tejería (Pasarapa) por el Proyecto COTRIFOR en los ciclos agrícolas 2018-2019 y 2019-2020

Código	Especie	Variedad	Procedencia
1	Sorgo	DUO LPZ	Empresa "Los Prados" (Argentina) ⁽¹⁾
2	Sorgo	LP 200	Empresa "Los Prados" (Argentina)
3	Sorgo	Mataco	Empresa "Los Prados" (Argentina)
4	Sorgo	DP 1	Empresa "FORRATEC" (Argentina) ⁽²⁾
5	Sorgo	F 1497	Empresa "FORRATEC" (Argentina)
6	Sorgo	Niágara BL	Empresa "BISCAYART" (Argentina) ⁽³⁾
7	Sorgo	Ibera	Empresa "BISCAYART" (Argentina)
8	Sorgo	Niágara II	Empresa "BISCAYART" (Argentina)
9	Sorgo	Pilcomayo 2	Empresa "BISCAYART" (Argentina)
10	Sorgo	SEFO 1	SEFO (Bolivia) ⁽⁴⁾
11	Maíz	Bicentenario	CIF (Bolivia) ⁽⁵⁾
12	Maíz	Morocho	Variedad propia de la zona

Fuente: (1): <https://www.lospradossa.com.ar/> (2): <https://www.forrateg.com.ar/>
 (3): <http://www.biscayart.com/> (4): <https://www.sefosam.com.bo/>
 (5): <http://www.agr.umss.edu.bo>

Se debe destacar que en sorgo, a nivel local se tiene solo una variedad “propia”, es decir producida y comercializada por una empresa nacional, en este caso SEFO, que tiene la variedad “SEFO 1” de sorgo forrajero. Para el ensayo se evaluó además, nueve variedades procedentes de empresas semilleras de la república Argentina. En el caso del maíz, se empleó una variedad netamente forrajera generada por el CIF y otra variedad local, de masiva utilización en la zona (*Morocho*).

Resultados y discusión

Evaluación en forraje verde en marzo de 2019 (a 86 días de la siembra)

El análisis de varianza (ANVA) no detecta diferencias significativas entre todos los materiales evaluados, mostrando un elevado coeficiente de variación (33%) que refleja las condiciones propias del lugar del ensayo. A manera de tendencias, la Figura 1 muestra el rendimiento promedio en producción de biomasa a estado vegetativo (forraje verde) en las variedades de sorgo y de maíz.

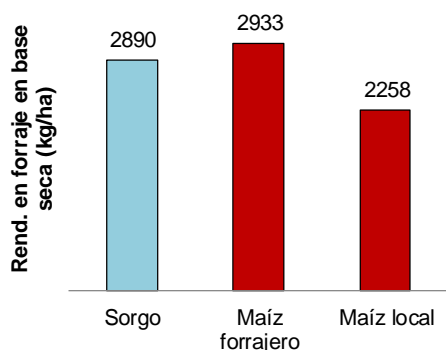


Figura 1. Producción de biomasa verde de sorgo (promedio de 10 variedades) y de dos variedades de maíz, a 86 días de la siembra en Tejería

Resalta la baja producción forrajera de la variedad local (*Morocho*), frente a prácticamente todas las variedades de sorgo consideradas (figuras 1 y 2).

La variedad forrajera de maíz (variedad Bicentenario del CIF), iguala a las variedades más productivas de sorgo, sin diferencias significativas entre todas las entradas (figuras 1 y 2).

El promedio productivo en forraje, para esta primera evaluación, fue muy bajo comparado con el potencial productivo de estas especies, más aún si se compara con el rendimiento que se puede lograr en zonas más aptas para su desarrollo, así por ejemplo, las primeras experiencias con sorgo del CIF, en el valle de Cochabamba, reportan rendimientos entre 8 a 18 t/ha en base seca, con materiales locales e introducidos (a estado pastoso de grano), entre 165 a 225 días de la siembra, según el material evaluado (Jutzi y Fuentes 1979). Anteriormente a este ensayo y en el mismo lugar, Aleman y Jutzi (1978), evaluaron líneas de sorgo procedentes del CIMMYT de México, encontrando rendimientos entre 8 a 11 t/ha en base seca, evaluando al momento de floración a inicio de estado lechoso del grano.

La baja capacidad productiva, tanto del maíz como del sorgo en el ensayo, es reflejo de las condiciones del lugar de trabajo al ser zonas áridas a semi áridas. En estas zonas se tiene características marginales para la agricultura y ganadería. La marginalidad deriva de la escasa disponibilidad de agua como consecuencia de sequías prolongadas, presentando secuencias recursivas de episodios de sequía extrema a través de los años, además de altos índices de evapotranspiración (Iñiguez 2013).

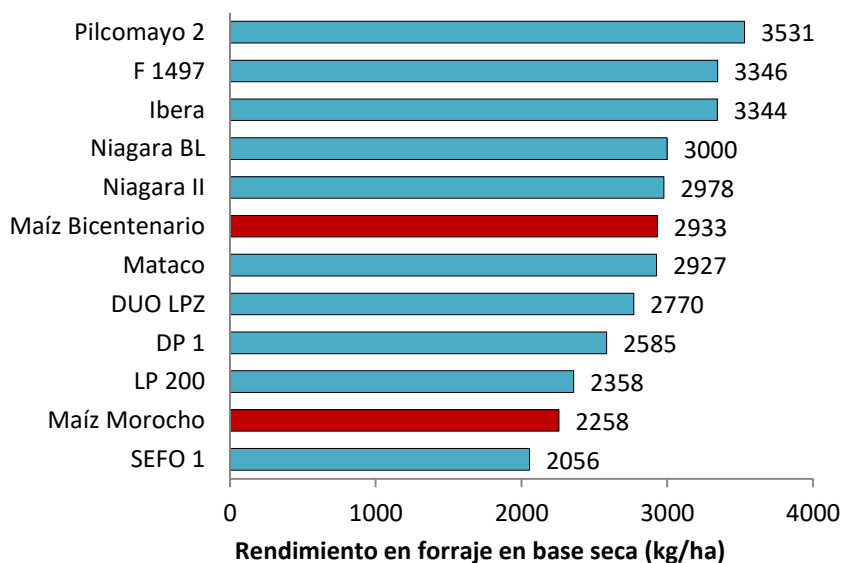


Figura 2. Tendencia de la producción de biomasa de variedades de sorgo y maíz, en condiciones de Tejería, en estado de desarrollo vegetativo, a 86 días de la siembra

Evaluación a inicio de chala (en maíz) en abril de 2019 (a 120 días de la siembra)

Para esta evaluación (a 4 meses de la siembra), las variedades de maíz ya mostraban un estado de desarrollo avanzado, con el follaje seco en especial a nivel de hojas basales y medias, mostrando ya una fase de inicio de chala (más en la variedad *Morocho* que en la variedad *Bicentenario*), mientras que las variedades de sorgo se mostraban aún con biomasa verde, fruto de la tolerancia de esta especie a la sequía y un ciclo vegetativo más largo que en el caso del maíz. Para esta segunda evaluación, el ANVA además de tener un coeficiente de variación menor (25%) que en la primera evaluación, muestra diferencias significativas ($p < 0.05$), lo cual permite aseverar que la capacidad productiva de las diferentes variedades de maíz y sorgo, es distinta. Así, en promedio, las 10 variedades de sorgo superaron tanto a la variedad local de maíz, como a la variedad forrajera (Figura 3).

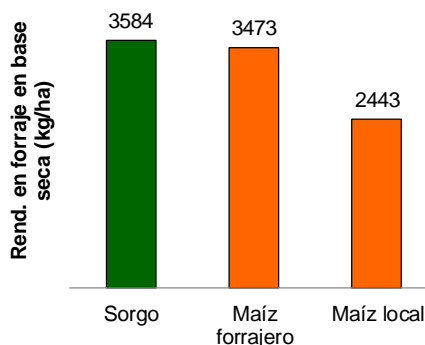


Figura 3. Tendencia de la producción de biomasa de sorgo y maíz (chala) a 120 días de la siembra en Tejería

Analizando los valores obtenidos por cada una de las entradas, la Figura 4 muestra, para las condiciones de Tejería, una destacada producción de varios de los cultivares de sorgo considerados, los cuales superan significativamente a la variedad de maíz forrajero introducida y más aún a la variedad local (*Morocho*).

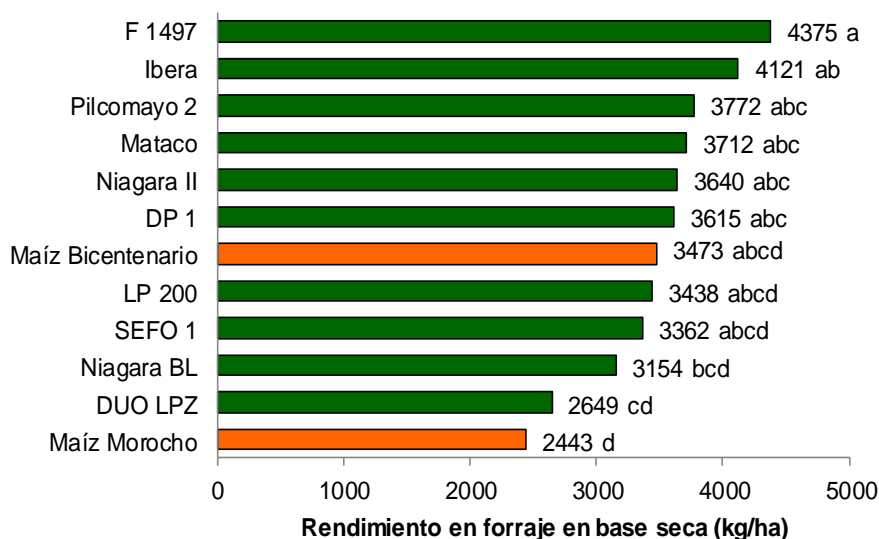


Figura 4. Producción de biomasa de variedades de sorgo y maíz, en condiciones de Tejería, en estado de inicio de chala (en maíz), a 120 días de la siembra

Valores de barras con diferentes letras, son significativamente diferentes ($P < 0.05$) según la prueba de medias de Rango Múltiple de Duncan

Esta variedad local, a 120 días de la siembra ya mostraba una severa pérdida de hojas y de manera general un aspecto seco de la planta. Se debe hacer notar que si bien la biomasa producida por la variedad *Morocho* es muy baja, gracias a su precocidad, alcanza fases reproductivas que le permiten producir grano para consumo humano, aspecto que no se presenta en la otra variedad de maíz evaluada (una variedad netamente forrajera generada en el CIF), que no tiene opción de producir grano en estas condiciones.

Debe destacarse la variedad SEFO 1 de sorgo, que si bien es un material tardío, bajo las condiciones del ensayo iguala al maíz forrajero en su capacidad productiva de biomasa. Entre las variedades de sorgo de procedencia argentina, destacan varias que muestran sus bondades en condiciones que se consideran no precisamente ideales para esta especie.

Entre la primera y segunda evaluación de forraje, el contenido de materia seca varió sustancialmente, así, en promedio, a los 86 días (1ra. evaluación) se tenía una media de 23.3% de materia seca, con extremos de 18.7% en maíz variedad Bicentenario, y de 24.8% en la variedad DP 1 de sorgo. Para la segunda evaluación (a 120 días de la siembra), se tuvo una media de 27.3% de materia seca, con extremos de 23.7% y 33.9% para las variedades de maíz Bicentenario y *Morocho*, respectivamente.

Evaluación del rebrote de 70 días en las variedades de sorgo

El 23 de mayo de 2019 se evaluó la biomasa del rebrote en las variedades de sorgo, generado a partir del corte del 14 de marzo de 2019, es decir en un periodo de 70 días.

Para esta evaluación, el ANVA no muestra diferencias significativas y presenta un elevado coeficiente de variación (más del 35%) por lo cual los valores encontrados no son del todo confiables. Pese a ello, ya el solo hecho de haber un rebrote es muy importante para las condiciones limitantes que se tiene en la zona.

Así, en promedio se obtuvo una biomasa de más de 350 kg/ha en base seca, valor que si bien es mínimo, da la oportunidad de tener un forraje adicional para enfrentar la escasez del mismo en la zona, la cual se acentúa fuertemente a partir del mes de junio (inicio del periodo invernal).

En esta evaluación, el promedio de altura del rebrote llegó a 30.3 cm, con extremos de 22.7 cm (en la vr. DUO LPZ) a 38.0 cm (en la vr. Pilcomayo 2), midiendo el rebrote desde el suelo hasta el ápice de las hojas más nuevas.

Rendimiento acumulado de primer corte (86 dds) + rebrote en sorgo

Considerando este rebrote como una producción adicional a los 86 días de la siembra (primera evaluación), se estima que el sorgo puede aportar forraje verde en dos momentos en un mismo ciclo agrícola, es decir a estado vegetativo y luego con el rebrote de ese primer corte. Bajo este razonamiento, la Figura 5 muestra el rendimiento promedio de las 12 entradas evaluadas, donde el rendimiento del sorgo viene del corte a los 86 días de la siembra + su rebrote de 70 días; claro está que para las dos variedades de maíz, al no presentarse rebrote en esta especie, el rendimiento forrajero (en estado verde) solo es el que alcanzó a los 86 días de la siembra (ver Figura 2).

Para esta variable adicional, el ANVA detectó diferencias significativas ($p = 0.0203$).

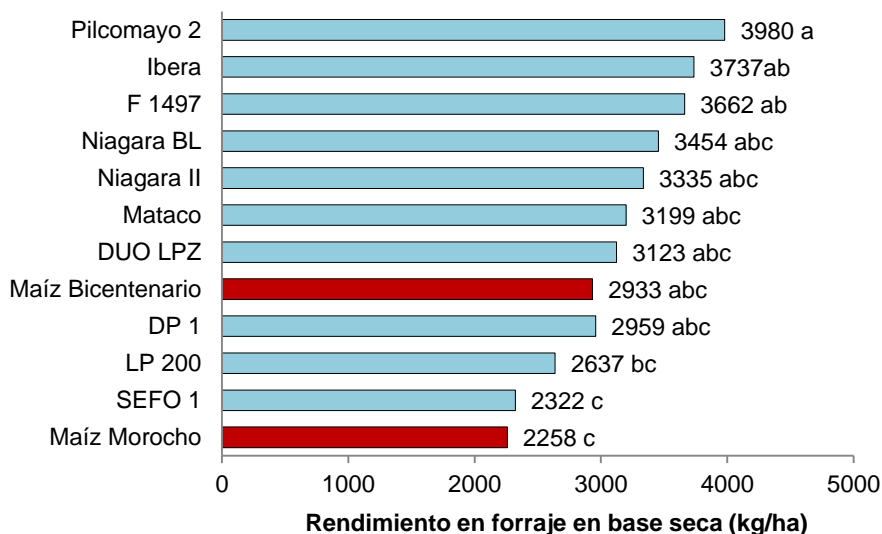


Figura 5. Producción de biomasa de variedades de sorgo y maíz, en condiciones de Tejería, considerando la acumulación de biomasa a 86 días de la siembra más el rebrote en sorgo

Valores de barras con diferentes letras, son significativamente diferentes ($P < 0.05$) según la prueba de medias de Rango Múltiple de Duncan

Rebote del sorgo al segundo ciclo agrícola desde la siembra (evaluación de enero de 2020, a 393 días de la siembra)

Una de las cualidades más notables del sorgo, es su capacidad de rebrote en un mismo ciclo agrícola, e incluso en un segundo ciclo posterior a la siembra inicial. En el caso del ensayo, en enero de 2020 se hizo una evaluación referencial del rebrote de las variedades de sorgo que se sembraron en diciembre de 2018, una vez que la parcela fue pastoreada y la sequía y época invernal del periodo 2018-2019, dejaron un terreno totalmente desprovisto de vegetación. Para el ciclo agrícola 2019-2020, la parcela fue arada dejando un solo bloque con parcelas experimentales del sorgo sembrado el año 2018, de ahí que los datos de este rebrote son solo referenciales, ya que no se tuvo repeticiones como para generar un análisis estadístico inferencial (ANVA).

El Cuadro 3 detalla la biomasa producida en las 10 entradas de sorgo, a partir de su rebrote en un segundo ciclo agrícola.

Cuadro 3. Rendimiento en forraje de diez variedades de sorgo en Tejería, a partir del rebrote en un segundo ciclo agrícola

Variedades de sorgo	Rendimiento en kg/ha (base seca)
F 1497	2930
Niágara BL	2322
Mataco	2214
Niágara II	1909
DUO LPZ	1887
LP 200	1859
DP 1	1647
Ibera	1630
Pilcomayo 2	1451
SEFO 1	837

En promedio, el rebrote que se estima conseguir por hectárea cultivando sorgo, un año después de la siembra, es de casi 2 t/ha (1858 kg/ha). En el caso de la variedad SEFO 1, el rebrote es menor debido, en parte, a su ciclo tardío de desarrollo fisiológico.

En cuanto al rebrote de sorgo, si acaso se destina a pastoreo, este debe realizarse una vez que las plantas hayan superado los 80 cm de altura, debido al peligro de toxicidad con ácido cianhídrico (HCN) que tienen los sorgos durante el primer periodo de su desarrollo (CIF 2010).

A este respecto, Bretschneider (2011) señala que el ácido cianhídrico se encuentra entre los venenos más potentes y de efectos rápidos, el cual se encuentra en muchas plantas con la potencialidad de producir envenenamiento, siendo los sorgos (*Sorghum* spp.) los principales causantes de toxicidad en los rumiantes. Esta toxicidad pareciera actuar como un mecanismo de defensa de las plantas contra las enfermedades y la depredación por insectos y otros herbívoros. Es importante mencionar que el mayor potencial tóxico se presenta en fases iniciales de desarrollo del sorgo y como respuesta a condiciones adversas de clima (sequía entre otras), manejo (corte, picado o pisoteo del forraje), masticación y degradación del forraje. La mayoría de los casos de envenenamiento están asociados con el estrés hídrico, debido a que la restricción en el crecimiento de la planta, concentra más su poder tóxico. En términos generales los sorgos graníferos tienen un mayor potencial tóxico que los forrajeros.

El mismo autor indica las siguientes medidas para evitar este efecto nocivo del sorgo:

- Pastorear el sorgo cuando tenga una altura aproximada de 60 cm.
 - No pastorear como primera comida del día, un forraje sospechoso de ser tóxico.
 - Se aconseja la suplementación con granos (maíz, cebada, etc.) previo al pastoreo del sorgo.
 - El ensilado que ha sido almacenado por varios meses generalmente es seguro. La henificación reduce la toxicidad, aunque algunos casos fatales de intoxicación con HCN, se asociaron al consumo de heno de sorgo.
 - El corte y el oreo son otra alternativa de manejo cuando, ante condiciones de sequía, se tiene que alimentar al ganado con plantas potencialmente tóxicas.
 - El acondicionamiento del forraje cortado, así como también el picado del mismo, ayudan a reducir la toxicidad del sorgo; aunque el oreo previo al consumo es indispensable, no hay una regla que indique cuanto y con qué rapidez, el ácido cianhídrico se pierde después del oreo.
- El maíz local pese a generar poca biomasa, tanto en verde como en chala, es de gran importancia para el productor local ya que es fuente de grano para su alimentación a la vez que puede obtener chala para el ganado, por ello, una opción de manejo que se propone a raíz de los resultados del presente trabajo, es que el productor mantenga su parcela de maíz local, a la vez de ampliar el área sembrada con maíz forrajero o con alguna variedad de sorgo, en este caso la variedad SEFO 1 que se encuentra en el mercado nacional, o eventualmente con las variedades introducidas que han destacado, es el caso de Pilcomayo 2, F 1497, Mataco, Ibera, Niágara II, Niágara BL o DUO LPZ, las cuales son comerciales en el país vecino de Argentina.
 - Una cualidad destacada del sorgo en general, es su capacidad de rebrote, tanto en el mismo ciclo agrícola como en un segundo ciclo, más aun en este último caso ya que se llegó a producir casi 2 t/ha en base seca, básicamente dejando que el rebrote desarrolle sin incidir de ninguna manera a nivel de manejo o labor cultural en las parcelas sembradas en un ciclo anterior. Un rebrote en el mismo ciclo agrícola, si bien es medianamente importante (350 kg/ha en base seca), éste debe ser manejado de manera muy cuidadosa, evitando el pastoreo directo y haciendo un pre secado del forraje cortado en campo, por el riesgo de intoxicación cuando el animal consume este forraje en estado tierno.
 - La variedad Bicentenario de maíz forrajero, demostró tener niveles productivos -en términos de forraje- muy importantes para las condiciones de Tejería, igualando a las variedades

Conclusiones

- Para las condiciones de Tejería en especial y Pasorapa en general, el sorgo es una opción viable y recomendable para producir forraje, en especial si se compara con la producción de chala del maíz local (*Morocho*). Así, la variedad SEFO 1 de sorgo, disponible en el mercado local, si bien no mostró ser una de las más productivas, sus rendimientos son similares a los de la chala que produce un maíz netamente forrajero (en este caso, la variedad Bicentenario).

más destacadas de sorgo y superando por mucho a la variedad local de maíz, claro está, con la diferencia que no llega a producir mazorca (por tanto grano), debido a su ciclo largo, característico de las variedades forrajeras. Sin embargo el proponer un manejo estratégico de la producción en estas zonas semi áridas a áridas, parece reforzarse con la variedad Bicentenario, entendiéndose que podría ser cultivada (o también variedades de sorgo) de manera exclusiva para forraje verde o para chala, a la vez de tener una parcela de maíz local para la producción de grano, en función a la seguridad alimentaria de los productores de estas zonas.

- Se debe reconocer el bajo nivel productivo de todos los materiales evaluados, en comparación con el potencial de los mismos bajo condiciones climáticas y edáficas más apropiadas para estas especies. Sin embargo, considerando que Tejería y Pasorapa son zonas áridas a semi áridas, las variedades de sorgo y el maíz forrajero, han demostrado que pueden ser un aporte real para apoyar al productor ganadero de estas regiones.
- Una opción de mejorar la calidad y palatabilidad de la chala de maíz es la mezcla de ésta con forraje aún verde de sorgo, situación que puede ser utilizada en las condiciones de Pasorapa, ya que por las condiciones climáticas y el ciclo de los cultivos, cuando la variedad *Morocho* ya está como chala, las variedades de sorgo están aún con humedad y con follaje verde. Esta práctica, además, reduciría el riesgo de intoxicación por HCN del sorgo, más aun si se utiliza el rebrote del sorgo ya cortado en el mismo ciclo.

- La producción de sorgo en zonas áridas y semi áridas, debe ser enfocada también para su utilización como ensilaje, aspecto que técnicamente es viable al tener una producción de biomasa forrajera mayor que la del maíz.

Referencias citadas

- Acebey P. 2005. Evaluación de híbridos y variedades comerciales de maíz (*Zea mays* L.) en dos localidades del municipio de San Buenaventura (Provincia Abel Iturralde del departamento de La Paz). Tesis de grado. Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. 112 p.
- Aleman F., Jutzi S. 1978. International Cold Tolerance Sorghum Elite Trial (ICTSET), CIMMYT, 1977 - Ensayo internacional de adaptación de sorgo tolerante al frío 1977. **En:** Experiencias en cultivos forrajeros vol. I. p. 81-88. Centro de Investigación en Forrajes "La Violeta". Cochabamba, Bolivia.
- Bretschneider G. 2011. Intoxicación del ganado con ácido cianhídrico. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria INTA – Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. Argentina. *En línea*. Disponible en: <https://inta.gob.ar/documentos/intoxicacion-del-ganado-con-acido-cianhidrico>
Consultado en julio de 2021.
- Cabrera F. s/f. Precipitaciones pluviales en el Municipio de Pasorapa. Proyecto Parroquia Pasorapa. *Comunicación impresa personal*.
- CIF (Centro de Investigación en Forrajes "La Violeta"). 2010. Publicaciones del Centro de Investigación en Forrajes "La Violeta". FCAYP-UMSS. Cochabamba, Bolivia. Disco compacto. 609 MB.

- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2017. La economía del sorgo y del mijo en el mundo: Hechos, tendencias y perspectivas. *En línea* Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/w1808s/w1808s04.htm#TopOfPage> Consultado el 16 de abril de 2020.
- FORRATEC. 2015. Requerimientos edafoclimáticos en el cultivo de sorgo. *En línea*. Disponible en: https://forratec.com.ar/newsletter/00_responsive/fls-2015-11-07.html Consultado en julio de 2021.
- Gobierno Municipal de Pasorapa. 2007. Documento principal Plan de Desarrollo Municipal 2007-2011. Tomo II. COPLADEL. Cochabamba, Bolivia. 224 p.
- Gobierno Municipal de Pasorapa. Central Regional Agropecuaria Campesina de Pasorapa. 2021. Agua en Pasorapa. Plan de gestión integral 2021-2025. SOLIDAGRO - Fundación Agrecol Andes. Cochabamba, Bolivia. 154 p.
- Google Earth Pro. 2020. *En línea*. Disponible en: [google.com/intl/en/earth/](https://www.google.com/intl/en/earth/) Consultado el 1 de julio de 2021.
- Iñiguez L. (editor). 2013. La producción de rumiantes menores en las zonas áridas de Latinoamérica. EMBRAPA. Caprinos y Ovinos. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Abastecimiento. IFAD, ICARDA. Brasilia, Brasil. 564 p.
- Jutzi S., Fuentes G. 1979. Comparación de cuatro líneas de sorgo (*Sorghum vulgare*) en forraje. **En:** Experiencias en cultivos forrajeros vol. II. p. 41-44. Centro de Investigación en Forrajes "La Violeta". Cochabamba, Bolivia.
- Villarroel J. 1988. Manual práctico para la interpretación de análisis de suelos en laboratorio. UMSS – AGRUCO. Serie técnica nro. 10. Cochabamba, Bolivia. 42 p.

Agradecimientos:

- *Los autores agradecen a la GIZ por el apoyo para realizar este trabajo.*
- *A la cooperante Sra. Celestina Arimosa por el apoyo y confianza depositados en el Proyecto.*
- *A Freddy Cabrera (MVZ) de la Parroquia de Pasorapa, por la coordinación en la zona de trabajo.*
- *A las empresas semilleras SEFO de Bolivia, y "Los Prados", "Forratec y "Biscayart" de la República Argentina, por haber proporcionado gentilmente la semilla de las variedades de sorgo evaluadas.*