

Introducción de cereales forrajeros (cebada y triticale) para la sostenibilidad ganadera del Altiplano Sur de Bolivia

Ermindo Barrientos¹, Franz Gutiérrez², Alison Nina¹, Melina Fernández¹

¹ Facultad de Ciencias Agrarias y Naturales, Universidad Técnica de Oruro;

² Centro de Investigación en Forrajes “La Violeta”, Universidad Mayor de San Simón

E-mail de contacto: ebarrientos100@gmail.com

Resumen. La producción extensiva y comercial de quinua para exportación en las últimas décadas, particularmente en el Altiplano Sur de Bolivia, ha ocasionado graves problemas ambientales (pérdida de cobertura vegetal nativa de tholares, lampayares, pajonales y otros) como altas tasas de erosión eólica, contrariedades socio-económicas, repercutiendo en la baja soportabilidad de los pastizales y sus efectos negativos en la crianza de llamas y ovinos, cada vez más disminuidas en número de animales. Sin embargo, el estiércol de llama y ovino se considera como la fuente de abono más importante para la producción de quinua orgánica, por consiguiente, existe la urgencia de producir forraje para satisfacer la alimentación de los animales. La producción de pasturas (pastos cultivados) en la región del Altiplano Sur (intersalar de Bolivia) no es una práctica común, debido a que los productores se dedican al monocultivo de quinua; además, las condiciones medioambientales son muy negativas (suelos volcánicos, escasas de precipitación y presencia inoportuna de helada). En este sentido, durante las gestiones 2018, 2019 y 2021 se ha estudiado la adaptabilidad y producción de variedades comerciales y líneas de cereales (cebada y triticale) como una opción forrajera para reducir la sobrecarga animal y solucionar el déficit de forraje en época de estiaje en condiciones del Altiplano Sur de Bolivia. Los parámetros evaluados fueron: comportamiento agronómico (% de emergencia, altura de planta, relación hoja /tallo, número de macollos, diámetro espiga, longitud tallo, longitud espiga) y rendimiento de forraje (materia verde y seca) junto a los costos de producción. Respecto los cultivares de cebada forrajera, la variedad comercial MONALISA reportó el mayor rendimiento en base seca (3,4 t/ha) secundadas por las líneas CBD 4, CBD 2, CBD 5. Para el caso del triticale, se evidenció que la variedad Renacer registró el mayor rendimiento en materia verde (7,23 t/ha) y en base seca (2,68 t/ha) en comparación con las demás líneas. La producción de intensiva de cereales forrajeros con variedades comerciales reportó valores superiores a las 5 t/ha de rendimiento en materia seca, lo que permite concluir que, bajo condiciones ecológicas marginales, la cebada y particularmente el triticale es una excelente opción forrajera por su alta rusticidad y posibilidad de alimentación de llamas y rumiantes menores. Se ha identificado material genético liberado por el CIF-UMSS, con perspectivas de adaptación al medio ecológico del Altiplano Sur de Bolivia.

Palabras clave: Altiplano Sur de Bolivia; Escasas forrajera; Pasturas; Cereales forrajeros

Introducción

El altiplano boliviano ocupa una superficie de 178.662 km² (16,4 del territorio

nacional), se divide en tres subregiones: el Altiplano Norte con 13.600 km², el Central con 91.079 km² y el Sur con 73.983 km². El intersalar se halla en la

zona árida y semiárida denominada Altiplano Sur, esta región se constituye en una unidad ecológica con muchas limitaciones, los suelos de origen volcánico son muy pobres en fertilidad, los niveles de precipitación son bajos y presenta una media de 200 días de helada al año (Andressen et al. 2007).

En un estudio denominado “*efecto ambiental de la expansión de la frontera agroecológica de quinua en el Altiplano Sur de Bolivia*”, se ha encontrado que entre 1992 a 2000, en el sector de Salinas de Garcí Mendoza (provincia Ladislao Cabrera), la superficie destinada a la producción de quinua se expandió indiscriminadamente, ocasionando la deforestación y/o depredación de las praderas nativas (Vallejos et al. 2011).

Este cambio de sistema de producción y la ampliación no planificada de nuevas áreas de cultivo, ocasionada en gran medida, por agricultores no especializados denominados “residentes”, en los 20 últimos años y debido al uso inadecuado de maquinaria agrícola, trajo consigo graves problemas ambientales socio económicos y reducción extrema de la soportabilidad de pastizales, afectando en la disminución de la población de camélidos (Risi et al. 2015).

Actualmente el desbalance forrajero en el Altiplano Sur, afecta seriamente en la producción y reproducción del ganado (llamas y ovinos). En consecuencia, es necesario buscar alternativas de producción de cultivos forrajeros que puedan rotar al cultivo de quinua y por otro lado rebajar la sobrecarga animal en las praderas de planicie.

Los productores de la región del Altiplano Sur de Oruro, desconocen la importancia de la producción de pasturas,

con excepción de algunas comunidades que cuentan con parcelas tradicionales de alfalfa, para suplementar la alimentación de su ganado, ocasionándose bajas tasas reproductivas y productivas en la crianza de camélidos y en algunos casos de ganado ovino.

Una opción forrajera importante para el altiplano son los cereales menores (cebada, triticale y avena); tienen mucha importancia por su amplia adaptación a condiciones ambientales desfavorables para la agricultura; además este grupo de forrajeras constituyen el alimento básico principalmente por su calidad nutritiva y altos rendimientos en materia seca; son fuente directa de energía en épocas de estiaje.

En este sentido, la *Facultad de Ciencias Agrarias y Naturales* de la *Universidad Técnica de Oruro*, tiene en el municipio de Salinas de Garcí Mendoza (epicentro del intersalar de Bolivia), una unidad académica desconcentrada de investigación, cuyos predios (laboratorios y parcelas de investigación) están relacionados a producción agrícola para zonas áridas y semiáridas, que permita mejorar la sostenibilidad de los productores de la zona.

Por su parte, el *Centro de Investigación en Forrajes “La Violeta”*, entidad dependiente de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias de la Universidad Mayor de San Simón, está dedicado a investigación e interacción social en el área de forrajes y semillas forrajeras; ofrece material genético y semillas para zonas alto andinas como especies de cereales, pratenses leguminosas y arbustos para diferentes eco regiones de Bolivia.

Por las consideraciones anteriormente mencionadas, el objetivo del presente

estudio fue de evaluar la adaptabilidad y producción de 8 líneas y 2 variedades de cebada forrajera (*Hordeum vulgare* L.) y de 8 líneas y 2 variedades de Triticale (*X. Triticosecale* Wittmack) para fines de producción de biomasa forrajera en la zona de Salinas Garcí Mendoza del departamento de Oruro.

La hipótesis del estudio fue que la producción de forraje de diferentes líneas y variedades de triticale y cebada, bajo condiciones del Altiplano Sur de Oruro (Salinas de Garcí Mendoza), reportan resultados diferentes en características agronómicas y rendimiento de biomasa.

Materiales y métodos

El presente trabajo de investigación se realizó en el municipio de Salinas de Garcí Mendoza (actualmente *Gobierno Autónomo Indígena Originario Campesino - Salinas GAIOC-SA*) capital de la provincia Ladislao Cabrera del departamento de Oruro, ubicado aproximadamente a 279 km al Sud Este de la ciudad de Oruro, sobre la carretera a Llica, conectando al intersalar cuya altitud es de 3734 msnm; está a una latitud Sur de 19°38.318' y a una longitud Oeste de 67°40.270'. La temperatura promedio es de 11°C, la precipitación media varía entre 180 a 200 mm/año, climáticamente corresponde a una zona árida. Sus suelos son de texturas que varían entre franco-arenoso y franco-arcilloso-arenoso.

La vegetación nativa está compuesta mayormente por: t'ola [*Parastrephia lepidophylla* (Wedd.) Cabrera] pajonales (*Stipa ichu*), lampayar (*lampaya castellanii*).

El material biológico utilizado, procedente del Centro de Investigación en Forrajes "La Violeta", fue el siguiente:

TRITICALE:

Nro.	Línea / variedad comercial	Código
1	TCL 1	L CIF 10/09
2	TCL 2	L CIF 04/30
3	TCL 3	L CIF 10/2
4	TCL 4	L CIF 10/14
5	TCL 5	L CIF 01/21
6	TCL 6	L CIF 01/15
7	TCL 7	L CIF 10/11
8	TCL 8	L CIF 10/06
9	Horizonte	Horizonte
10	Renacer	Renacer

CEBADA:

Nro.	Línea / variedad comercial	Código
1	CBD 1	L CIF 08/08
2	CBD 2	L CIF 08/26
3	CBD 3	L CIF 08/25
4	CBD 4	L CIF 08/23
5	CBD 5	L CIF 03/29
6	CBD 6	L CIF 03/61
7	CBD 7	L CIF 03/22
8	CBD 8	L CIF 08/36
9	CBD 9	Monalisa
10	CBD 10	Ivon

Para las evaluaciones se consideraron variables cuantitativas y cualitativas, empero el rendimiento en materia seca fue la más importante. Para ello se tomó, 200 gramos de sub muestra evaluada en la unidad experimental de forraje verde. Esta sub muestra se secó en el horno a 105°C de temperatura durante 24 horas, lo cual nuevamente se pesó después del

secado, finalmente el porcentaje de biomasa seca se determinó utilizando la relación:

$$\% \text{ MS} = (\text{MS} * 100) / \text{MV}$$

dónde:

MS = Peso de la sub muestra secada en el horno

MV = Peso de la sub muestra de forraje verde

Con el porcentaje de materia seca, se calculó el rendimiento en términos de materia seca por unidad de superficie.

El diseño experimental que se empleó en esta investigación (independientemente para cada especie) fue el de bloques al azar, con 8 líneas y 2 variedades con 3 repeticiones, donde los tratamientos fueron distribuidos al azar en cada bloque. El análisis estadístico fue realizado con InfoStat v. 2014 (Di Rienzo *et al.* 2008). También se efectuaron comparaciones múltiples de Duncan, además se verificaron los supuestos del modelo mediante pruebas de normalidad de Shapiro-Wilks, y las variables que no se distribuían homogéneamente, se evaluaron por la Prueba de Levene.

Resultados y discusión

Cultivo de cebada

Altura de planta

Realizadas las comparaciones de medias para la variable altura de planta (Figura 1), se evidencia que la línea CBD 4 llegó a 63,34 cm, CBD 8 a 54,4 cm, CBD 1 a 50,6 cm y CBD 6 a 49,59 cm, con una

mayor elongación en tamaño, estadísticamente mostro diferencias significativas respecto a las variedades Ivon y Monalisa (46,59 cm y 43,45 cm de alto, respectivamente). La línea CBD 3 mostro menor tamaño con respecto a la variedad comercial Monalisa.

Durante la evaluación, la altura de planta mostro menor tamaño de 41 a 63 cm de alto respecto a reportes de Ticona (2014), quiñen indica valores de 78 a 102 cm de alto, en una evaluación agronómica. Por su parte, Tito (2014), reportó 92 cm y 83 cm de alto para la variedad Ivon.

Producción de forraje

En producción de forraje (Figura 2), la prueba de comparación de medias (Duncan 5%) resalta a la variedad comercial de cebada *Monalisa*, con un rendimiento superior a 3,4 t/ha, similar estadísticamente a la línea CBD 8 (3,32 t/ha), CBD 4 (3,3 t/ha) y CBD 1 (3,02 t/ha); por otro lado se reporta un segundo grupo con rendimientos intermedios correspondiente a las líneas CBD 6, CBD 3 y CBD 2, con rendimientos de 2.69, 2.24 y 2.23 t/ha, respectivamente.

La línea CBD 1 y la variedad Ivon, reportaron los menores rendimientos en materia seca.

Se tiene resultados similares a los del presente estudio. Así, Quispe (1999) de 5,23 t/ha en base seca, bajo condiciones agroecológicas óptimas para el cultivo de cebada; mientras que Ramos (2008) reporta 3,7 t/ha durante una evaluación de rendimiento de forraje, bajo condiciones del Altiplano Central.

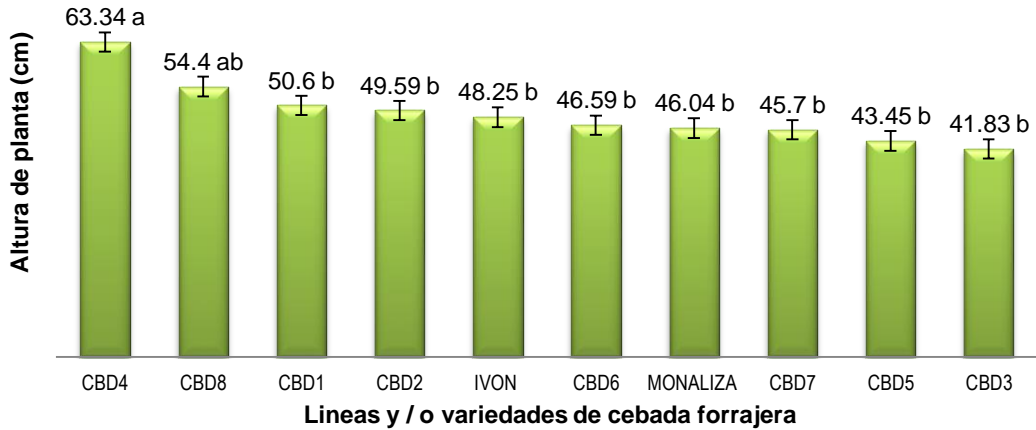


Figura 1. Altura de planta promedio (cm) en líneas y/o variedades de **cebada** forrajera evaluadas en la región de Salinas de Garcí Mendoza (Medias con una letra común no son significativamente diferentes, $p>0,05$)

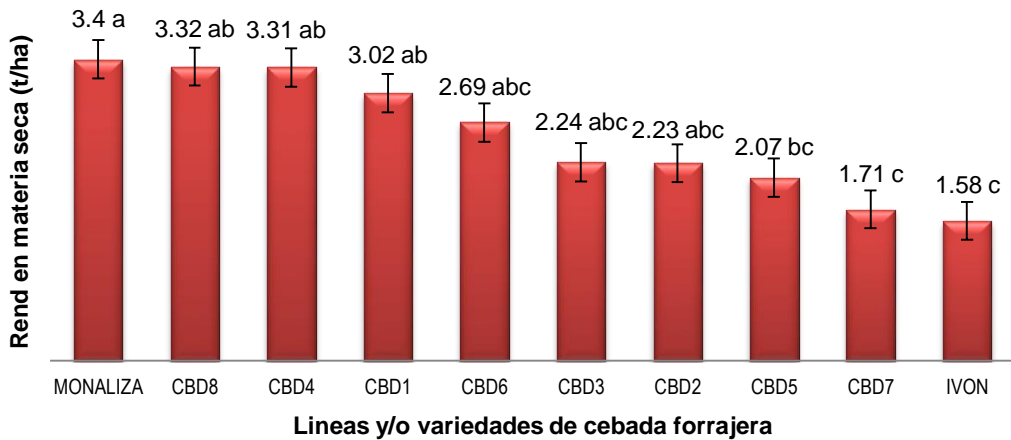


Figura 2. Rendimiento de forraje en materia seca (t/ha) para líneas y variedades de **CEBADA** forrajera, evaluadas en la región de Salinas de Garcí Mendoza (Medias con una letra común no son significativamente diferentes, $p>0,05$)

Correlación entre variables evaluadas

Desde el punto de vista predictivo de la selección y adaptabilidad de nuevo material genético en un determinado sitio, es importante conocer si al describir una característica se modifica otra que esté correlacionada con ella.

Estas correlaciones simples no siempre resultan informativas de la correlación

funcional entre componentes de diferentes jerarquías y el producto final (Mariotti y Collavino, 2014). Es así que la correlación de las variables rendimiento materia seca y altura de planta, muestra una tendencia positiva moderada, es decir que los mayores valores de materia seca se obtienen con plantas con mayor altura, el coeficiente de correlación es $r = 0,2247$, (Cuadro 1).

Cuadro 1. Correlaciones de variables agronómicas evaluadas en cebada

	<i>Altura de planta</i>	<i>Número de macollos</i>	<i>Longitud de tallo</i>	<i>Rend. MV</i>	<i>Rend MS</i>
<i>Altura de planta</i>	1				
<i>Número de macollos</i>	-0,177	1			
<i>Longitud de tallo</i>	0,476	0,015	1		
<i>Rend. MV</i>	0,370	-0,097	0,370	1	
<i>Rend. MS</i>	0,474	-0,135	0,191	0,827	1

Cultivo de triticale

Altura de planta

En la Figura 3, se observa que los cultivos Horizonte y Renacer reportaron valores superiores para la variable altura de planta (70,47 cm y 69,53 cm respectivamente), por otro lado, con valores intermedios se tiene a las líneas TCL 3, TCL 2, TCL 1, TCL 4 y TCL 6 con 67,43, 62,2, 58,23, 57,37 cm, respectivamente. Las líneas TCL 7 y TCL 8 (con 49 y 44,1 cm), mostraron los menores valores. Los anteriores resultados señalan que las variedades comerciales (Horizonte y Renacer) tienen mayor estabilidad fenotípica para esta variable.

Según Gutiérrez (2000), la altura de planta debe registrarse por lo menos en diez plantas en diferentes lugares de la parcela, registrando este dato desde la base del suelo hasta la punta de la espiguilla terminal (no se consideran las aristas); el momento de esta lectura puede ser en diferentes fases del desarrollo del cereal; aclara que esta no es una variable comparable por estar fuertemente influenciada por el factor ambiente.

Rendimiento en forraje

La variedad Renacer con 2,68 t/ha, registró el mayor valor para el rendimiento de biomasa seca, seguido de las líneas TCL 2, TCL 3, TCL 5 y TCL 6 con 2,45, 2,25,

2,15 y 2,12 t/ha, respectivamente. Las líneas que reportaron los menores rendimientos para esta variable fueron TCL 8 y TCL 1 con 1,4 y 1,23 t/ha (Figura 4).

Lazarte y Chacón (1981), evaluando líneas de triticale en el CIF la Violeta, que alcanzaron una producción máxima de 6,91 t/ha en MS; estos resultados son muy superiores a los reportados en el presente estudio ya que las condiciones de cultivo en el valle son más óptimas que en el Altiplano Sur de Bolivia.

En la región de Patacamaya (Altiplano Central), se han registrado datos promedio de rendimiento de materia seca de triticale -reportados por Vino (2022)- con valores de 5.57 t/ha; resultados muy superiores a los reportados en el presente estudio ya que las condiciones de cultivo en condiciones de Altiplano Central son más óptimas que en el Altiplano Sur de Bolivia. Otros estudios efectuados en el *Centro Experimental Agropecuario Condoriri*, perteneciente a la UTO por Menezes y Barrientos (2003), reportan rendimientos por demás superiores en materia seca, con diferentes líneas de triticale, en especial la variedad Renacer en dos momentos de corte en siembra pura, logrando 18,3 t/ha frente a la línea de menor rendimiento de solo 11,3 t/ha en materia seca, pero en estado lechoso del grano; en estado a inicio de espigamiento, el cv. Renacer alcanzó 3.9 t/ha.

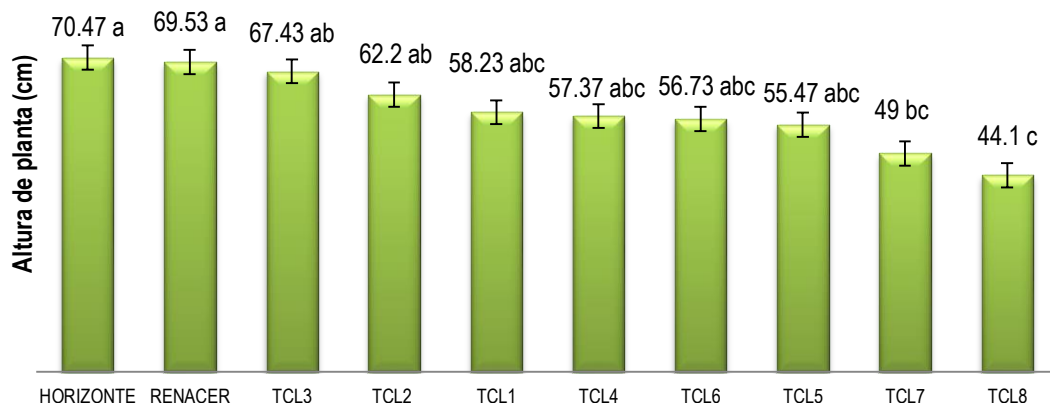


Figura 3. Altura planta promedio (cm) de líneas y/o variedades de TRITICALE, evaluadas en la región de Salinas de Garcí Mendoza (Medias con una letra común no son significativamente diferentes, $p>0,05$)

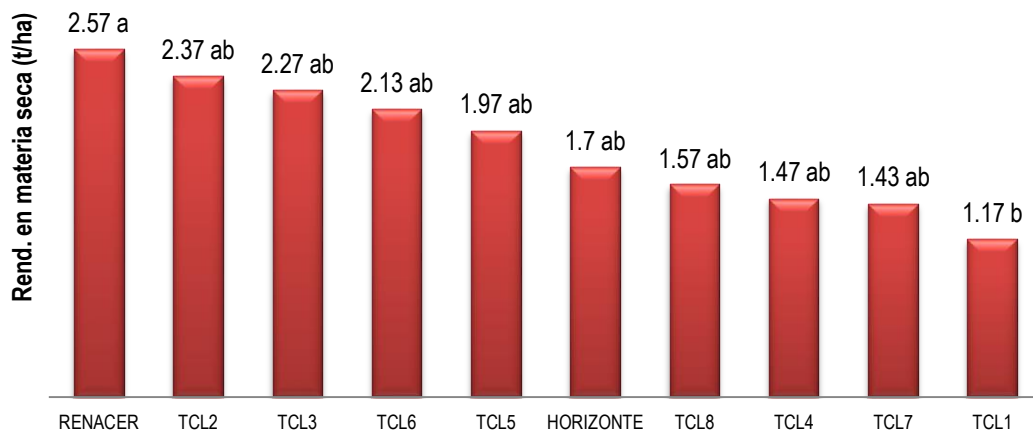


Figura 4. Rendimiento de forraje en materia seca (t/ha) para 8 líneas y 2 variedades de TRITICALE, evaluadas en la región de Salinas de Garcí Mendoza (Medias con una letra común no son significativamente diferentes, $p>0,05$)

Correlación entre variables evaluadas

En el Cuadro 2, la correlación de las variables rendimiento materia seca y altura de planta, muestra que existe una relación moderada, es decir que cuanto más incremento en altura de planta, también hay un incremento el rendimiento de biomasa seca.

Conclusiones

- La producción de biomasa forrajera de cebada, tanto en materia verde y materia seca, resalta la variedad forrajera comercial Monalisa, que obtuvo el mayor rendimiento y mejor perspectiva para siembras intensivas como extensivas, no se debe descartar a las líneas CBD 4, CBD 8 y CBD 1 por sus resultados sobresalientes en producción de biomasa.

Cuadro 2. Correlaciones de variables agronómicas evaluadas en triticale

	Altura de planta	Diámetro de espiga	Relación hoja/tallo	Rend. MV	Rend. MS
Altura de planta	1				
Diámetro de espiga	0,2387	1			
Relación hoja/tallo	-0,0012	0,458	1		
Rend. MV	0,5037	0,1568	0,1676	1	
Rend. MS	0,5129	0,1288	0,1568	0,959	1

- Para el cultivo de triticale, referente a las características agronómicas los mejores resultados, tanto en porcentaje de emergencia y altura de planta, destacan las variedades Horizonte y Renaser, además de las líneas TCL 7 y TCL 2, las cuales mostraron los mejores resultados.
- En lo que respecta a rendimiento de materia verde y biomasa seca de triticale, de manera general, la variedad Renacer alcanzó la mayor producción. No se debe descartar a las líneas TCL 2 y TCL 3 ya que mostraron también resultados sobresalientes en producción de biomasa.
- Se ha identificado material genético de cebada y triticale para producción de forraje para condiciones de clima árido y semiárido como son las del Altiplano Sur de Bolivia, siendo muy notoria la correlación de altura de planta y rendimiento de materia seca.
- Para ambas especies estudiadas evaluadas, se acepta la hipótesis alternativa ya que la adaptabilidad y producción de forraje del material genético estudiado, bajo condiciones del Altiplano Sur de Oruro (Salinas de Garcí Mendoza), evidenciaron diferencias en los resultados obtenidos de adaptabilidad, parámetros agronómicos y principalmente rendimiento en forraje.

Referencias citadas

- Andressen L., Monasterio M., Terceros L. 2007. Climatic regimes of the Bolivian Southern High Plateau: A region affected by desertification. *Revista Geográfica Venezolana*. Vol. 48(1): 11-32.
- Di Rienzo J., Casanoves F., González L., Tablada E., Díaz M. 2008. *Estadística para las ciencias agropecuarias* (Nro. 630.21 E79e). Córdoba, Argentina.
- Gutiérrez F. 2000. Metodología de evaluación de cereales menores forrajeros. CIF-UMMS. **En:** Meneses, R. y Rodríguez, R. (eds.). 2000. *Memoria Seminario: Uniformización de Técnicas y Criterios de Investigación*. Proyecto Rhizobiología Bolivia (CIAT-CIF-PNLG-CIFP-DHV), CIF "La Violeta", SEFO-SAM. Cochabamba 22 al 25 de marzo de 2000. Cochabamba, Bolivia. 147 p.
En línea. Disponible en: www.cifumss.agro.bo/files/memoriasutci.pdf
Consultado en enero de 2023
- Lazarte L., Chacón J. 1981. Evaluación de líneas de triticale en forraje. **En:** Centro de Investigación en Forrajes "La Violeta". *Revista: Forrajes y Semillas Forrajeras*. Vol. IV. UMSS-FCAP-SEFO-COTESU. Cochabamba, Bolivia. 147 p. *En línea.* Disponible en: <https://cifumss.netlify.app/315>
Consultado en enero de 2023

- Mariotti J., Collavino N. 2014. Los factores cuantitativos en la mejora genética de los cultivos. Cap. 6. Buenos Aires, Argentina. 352 p.
- Meneses R., Barrientos E. 2003. Producción de forrajes y leguminosas en el Altiplano Boliviano, Resumen de experiencias en 6 años de trabajo en el CEAC e instituciones del fondo universitario "La Violeta". Editores: Proyecto Agro Leg (CIAT-CIFP-SEFO). Cochabamba, Bolivia. 286 p.
- Quispe N. 1999. Estudio comparativo de variedades de avena, cebada y triticale en la localidad de Choquenayra. Facultad de Agronomía. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. p. 29 - 58.
- Ramos J. 2008. Evaluación del rendimiento de especies forrajeras anuales a nivel de pequeño productor en el Distrito III del Municipio de Viacha. Facultad de Agronomía. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. 66 p.
- Risi J., Rojas W., Pacheco M. 2015. Producción y mercado de la quinua en Bolivia. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura - IICA. La Paz, Bolivia. 308 p.
- Ticona O. 2014. Producción de cebada forrajera (*Hordeum vulgare* L.) en la Estación Experimental Choquenaira. Facultad de Agronomía. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia.
- Tito Y. 2014. Evaluación comparativa de variedades de avena (*Avena sativa* L.), cebada (*Hordeum vulgare*) y triticale (*Triticum secale* W.) en las localidades de Choquenaira y Batallas. Facultad de Agronomía. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. 112 p.
- Vallejos P., Navarro Z, Ayaviri D. 2011. Medio ambiente y producción de quinua, estrategias de adaptación a los impactos del cambio climático. PIEB, DANIDA, PROSAMA. La Paz, Bolivia. 242 p.
- Vino S. 2020. Comportamiento agronómico de variedades de avena (*Avena sativa* L.) y triticale (*Triticum secale*) en la Estación Experimental de Patacamaya. Tesis de grado. Facultad de Agronomía. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. 95 p.