

Contribución al conocimiento de especies forrajeras nativas del género *Festuca* L. en las regiones altas de Bolivia

Karina Ustariz Olivera

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

E mail: k.ustariz@umss.edu.bo

Resumen. Las especies nativas de *Festuca* son consideradas como una fuente principal de alimento para los animales que habitan el Altiplano y otras regiones altas de Bolivia, debido a su alto nivel de tolerancia a bajas temperaturas y sequía. Con el fin de contribuir con mayor conocimiento acerca de este género en Bolivia, se realizó una breve revisión relacionada a información básica, taxonomía, descripción botánica, distribución geográfica, importancia del género en las regiones altas, valor nutricional, estudios de diversidad genética y perspectivas futuras para su conservación y utilización. Al no existir ningún programa de mejoramiento genético de especies de *Festuca* en Bolivia, el Centro de Investigación en Forrajes "La Violeta", realiza actualmente trabajos de investigación básica con el fin de generar mayor información de este género e iniciar un programa de mejoramiento genético en corto tiempo.

Palabras clave: *Festuca*; Pastos nativos; Chillliwa; CANAPAS

Abstract: Contribution to the knowledge of native forage species of the genus *Festuca* L. in the highlands of Bolivia. Native *Festuca* species are considered, as an important feed source for animals inhabiting the Altiplano and other highland regions of Bolivia due to their high tolerance to low temperatures and drought. With the aim of contributing with the knowledge of this genus in Bolivia, a brief review was done about basic information, taxonomy, botanical description, geographic distribution, importance of the genus in the highlands, nutritional value, genetic diversity studies and future perspectives for conservation and utilization. Due to the fact, that there is no a breeding program in Bolivia, the Forage Research Center "La Violeta", is currently conducting basic research, in order to generate more information of this genus and start a breeding program in short time.

Keywords: *Festuca*; Native grass, Chillliwa, CANAPAS

1. Introducción

Bolivia es considerada uno de los países más biodiversos del mundo, conteniendo prácticamente todas las vegetaciones tropicales y una gran variedad de formaciones geológicas (Ibisch, 2005).

Se encuentra ubicada en el centro de América del Sur, en una zona de transición entre los climas húmedo tropical y subtropical que incluye las tierras bajas

debajo los 300 metros del nivel del mar y las montañas altas de casi 7000 metros sobre el nivel del mar (msnm).

Gracias a la elevada biodiversidad en sus regiones ecológicas y sus unidades denominadas campos nativos de pastoreo (CANAPAS), ha sido posible la evolución de flora nativa valiosa, donde se destacan, las plantas forrajeras nativas, quienes desempeñan funciones importantes, tales como, proporcionar forraje y

refugio a los animales salvajes y domésticos, la protección del suelo, la incorporación de la materia orgánica en el suelo, y la captura y manejo del agua de lluvia (Alzérreca, 2004).

Desde el punto de vista florístico, son las gramíneas las que presentan mayor número de géneros y especies, ocupando un área total de distribución superior a las otras familias de plantas, siendo el factor más importante en la distribución de especies y formación de asociaciones, el contenido de retención de humedad del sitio, que está determinado por la posición topográfica, textura y profundidad del suelo.

El Altiplano de Bolivia comprende unos 200 000 km² con un rango altitudinal entre 3600 y 4300 msnm. Se caracteriza por su estrés climático que incluye sequía y heladas, así como condiciones desfavorables del suelo (Geerts *et al.* 2006). La actividad principal de los habitantes de la región es la producción ganadera, donde las llamas (*Lama glama*) son las más comunes, constituyendo alrededor del 70% de la población mundial de llamas (Wheeler, 1991).

En esta región, los pastizales nativos constituyen una fuente importante para la alimentación animal, principalmente para los ganados camélido, bovino y ovino (Campero 2004). Sin embargo, la degradación de los ecosistemas de estos pastizales se encuentra en aumento como consecuencia del sobrepastoreo, el cambio climático, la sequía, el avance en la frontera agrícola y las técnicas de manejo inadecuadas, causando la pérdida de germoplasma forrajero valioso, la proliferación y la multiplicación de especies indeseables sin valor forrajero y la reducción de la cobertura vegetal (Alzérreca 2004).

Entre los pastos nativos más importantes en la región del Altiplano y otras zonas altas de Bolivia, se encuentra el género *Festuca*, que se destaca por su alta tolerancia a la sequía y a las bajas temperaturas. Actualmente 41 especies de este género han sido descritas en la flora de Bolivia, 17 de las cuales se consideran endémicas y 5 se encuentran en peligro de extinción (Jorgensen *et al.* 2014; Mercado *et al.* 2013; Meneses *et al.* 2012).

2. Generalidades del género *Festuca*

El género *Festuca* L. pertenece a la familia Poaceae y es, junto con el género *Poa* L., el género más grande de la tribu Poeae. Las especies de *Festuca* están geográficamente distribuidas en todo el mundo y comprende aproximadamente 500 especies (Clayton & Renvoize 1986; Watson & Dallwitz 1992; Inda *et al.* 2008). Presenta una distribución cosmopolita y está adaptada a una variedad de hábitats que van desde los humedales hasta los ecosistemas xéricos, sin embargo, también crece en condiciones extremas en montañas y áreas árticas/subárticas (Yamada, 2011; Inda *et al.* 2008).

El mejoramiento genético de *Festuca*, realizado de manera convencional, es lento, debido a que la mayoría de las especies son predominantemente, sino completamente, alógamas polinizadas por el viento. La mayoría de las especies tiene, además, una amplia variación en el nivel de ploidía, que va desde diploide ($2n = 2x = 14$) a dodecaploide ($2n = 12x = 84$) (Stammers *et al.* 1995). Las dos especies forrajeras de *Festuca* con importancia agrícola mundial son *F. arundinacea* y *F. pratensis*. Otras especies también con cierta importancia son *F. rubra*

y *F. ovina*, las cuales son utilizadas principalmente como césped y como alimento para el ganado.

2.1. Taxonomía

La clasificación del género *Festuca* propuesta por Carl von Linné en 1753, es la siguiente:

Orden	Poales
Familia	Poaceae
Subfamilia	Pooideae
Tribu	Poeae
Subtribu	Loliinae
Género	<i>Festuca</i>

Las características morfológicas en *Festuca*, ofrecen una selección poco adecuada de caracteres para identificar las especies con certeza (Renvoize 1998).

Si bien los caracteres histofoliareos apoyan para establecer identificaciones más confiables, actualmente aún existen dificultades para identificar especies con precisión.

2.2 Descripción botánica

Plantas perennes cespitosas o rizomatosas. Hojas basales o caulinares; vainas cerradas o hendidadas; lígula membranácea con el margen ciliado; láminas lineares, planas, conduplicadas o convolutas, tiermas hasta duras y punzantes. Inflorescencia

en panícula contraída o laxa, pauci a multi espiculada. Espiguillas 2 - plurifloras, perfectas, comprimidas lateralmente, pediceladas, raquilla articulada arriba de las glumas y entre los antecios. Glumas 2, en general menores que los antecios, persistentes, la inferior 1(-3) nervia, la superior 3-nervia. Lemma no carinada, con dorso redondeado, obtusa, aguda o aristada, arista apical o subapical, 5-nervia; pálea con carinas escabrosas o ciliadas. Ovario con ápice glabro o piloso (Renvoize 1998).

3. Distribución geográfica

El género *Festuca* se distribuye en la Región Andina Tropical, que incluye las siguientes cuatro provincias biogeográficas:

Yungueña Peruano-Boliviana

Puneña Mesofítica

Puneña Xerofítica

Boliviano-Tucumana

en altitudes que varían de 1500 a 4800 msnm (Figura 1).

La mayoría de las especies de *Festuca* descritas en Bolivia, se encuentran en las regiones del Altiplano que comprende los departamentos de La Paz, Potosí y Oruro, pero también pueden encontrarse en los departamentos de Cochabamba, Chuquisaca, Tarija y Santa Cruz (Cuadro 1).

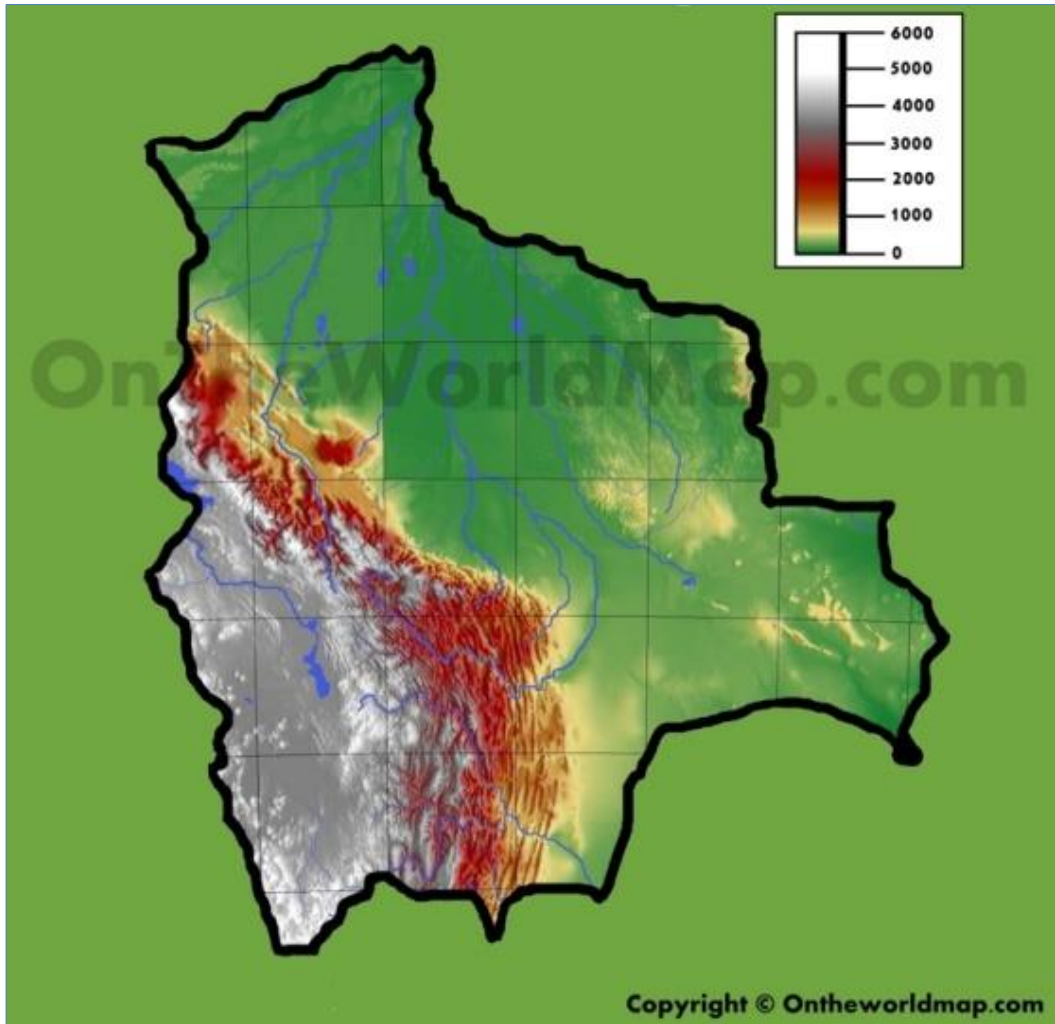


Figura 1. Mapa de Bolivia mostrando su distribución altitudinal (msnm)
(Fuente: <https://ontheworldmap.com/bolivia/bolivia-physical-map.html>)

Cuadro 1. Especies de *Festuca* descritas en la flora de Bolivia

Taxón	Departamento	Altitud (msnm)
<i>Festuca argentinensis</i> (St.-Yves) Türpe	PO	3500 - 5000
<i>Festuca arundinacea</i> Schreb.	LP	3500 - 4000
<i>Festuca asplundii</i> E.B. Alexeev	LP	3500 - 4000
<i>Festuca boliviana</i> E.B. Alexeev*	CO	2000 - 2500
<i>Festuca carrascana</i> Stancik & Renvoize*	CO	2000 - 2500
<i>Festuca chrysophylla</i> Phil.	PO	3500 - 5000
<i>Festuca chuquisacae</i> Stancik & Renvoize*	CH	2500 - 3000
<i>Festuca cochabambana</i> E.B. Alexeev*	CO, SC	2000 - 3000
<i>Festuca copei</i> Renvoize*	CH, CO, LP, PO	2500 - 4000
<i>Festuca cuzcoensis</i> Stancik & P.M. Peterson	LP	3000 - 4000
<i>Festuca dolichophylla</i> J. Presl	CH, CO, LP, OR, PO	3000 - 5000
<i>Festuca fiebrigii</i> Pilg*	CH, CO, LP, OR, SC, TA	2500 - 4500
<i>Festuca hieronymi</i> Hack	CH, CO, PO, TA	1500 - 4500
<i>Festuca humilior</i> Nees & Meyen	CH, CO, LP, TA	3000 - 4500
<i>Festuca hypsophila</i> Phil.	PO	4000 - 4500
<i>Festuca laeteviridis</i> Pilg*	PO	2500 - 3000
<i>Festuca lanifera</i> E.B. Alexeev*	CO	2000 - 2500
<i>Festuca lasiorrhachis</i> Pilg.	N/D	3500 - 4000
<i>Festuca lilloi</i> Hack	TA	2000 - 3000
<i>Festuca nemoralis</i> Türpe	CO, LP	3000 - 4000
<i>Festuca orthophylla</i> Pilg.	LP, OR, PO, TA	3000 - 5000
<i>Festuca parvipaniculata</i> Hitchc.	CO, LP	2500 - 4500
<i>Festuca parodiana</i> (St.-Yves) Nicora	LP, SC, TA	2000 - 3500
<i>Festuca peruviana</i> Infantes	LP, OR	3500 - 5000
<i>Festuca petersonii</i> Renvoize*	PO	4000 - 4500
<i>Festuca procera</i> Kunth	CO, LP, PO, TA	3000 - 4500
<i>Festuca potosiana</i> Renvoize*	LP, PO, TA	3500 - 5000
<i>Festuca rigescens</i> (J.Presl) Kunth	CO, LP, PO, TA	3500 - 5000
<i>Festuca rubra</i> L.	CO	2500 - 3000
<i>Festuca samensis</i> Joch. Müll.*	CH, SC, TA	2500 - 3000
<i>Festuca scabrifolia</i> Renvoize*	LP	3500 - 4000
<i>Festuca scabriuscula</i> Phil.	LP	3000 - 4500
<i>Festuca soratana</i> E.B. Alexeev*	LP	3500 - 5000
<i>Festuca stebeckii</i> Renvoize*	CO	3000 - 3500
<i>Festuca steinbachii</i> E.B. Alexeev*	CO	2500 - 3000
<i>Festuca stuebelii</i> Pilg.*	CO, LP, PO	3000 - 5000
<i>Festuca subulifolia</i> Benth.	N/D	N/D
<i>Festuca tovariensis</i> Stancik & P.M. Peterson	LP	2500 - 3500
<i>Festuca trollii</i> E.B. Alexeev*	CO	2500 - 4000
<i>Festuca ulochaeta</i> Nees ex Steud.	N/D	N/D
<i>Festuca villipalea</i> (St.-Yves) Alexeev	LP, OR, PO	3500 - 5000

CO = Cochabamba; CH = Chuquisaca, LP = La Paz; OR = Oruro; PO = Potosí; SC = Santa Cruz; TA = Tarija; N/D = Sin datos; * = endémico para el país.

4. Importancia del género *Festuca* en el Altiplano de Bolivia

La vegetación nativa es el resultado de periodos cortos de lluvia y de bajas temperaturas. Sin embargo, puede también estar influenciada por otros factores como ser la radiación solar, la amplia variación de temperaturas, la baja humedad, la baja presión de oxígeno, la geomorfología y el tipo de suelo (Alzérreca y Lara 1988, Campero 2004).

Diferentes tipos de vegetación nativa en el Altiplano de Bolivia han sido descritos, donde las especies del género *Festuca* siempre han sido reconocidas como parte de los pastizales nativos. Alzérreca y Lara (1988), dividieron la región en cinco tipos de asociaciones vegetales que incluían tolares, pastizales, tolares-pastizales, bofedales y grama-dales. Por otro lado, Moraes y Beck (1992), dividieron la región en tres tipos de asociaciones vegetales:

- 1) Altiplano húmedo, con vegetación caracterizada por la presencia de *Festuca dolichophylla*, comúnmente conocida como chilliwa.
- 2) Altiplano seco, donde los arbustos de tola (*Parastrephia lepidophylla*) y el ichu (*Festuca orthophylla*) eran las especies más dominantes.
- 3) Región desértica, que incluía diferentes plantas xerofíticas.

Años más tarde, Genin y Alzérreca (2006) actualizaron la información añadiendo más asociaciones vegetales en la región. *F. dolichophylla* fue descrita como predominante en los pastizales de chilliwa y junto con *F. rigescens* también fue encontrada en bofedales.

Por otro lado, *F. orthophylla* fue descrita como la especie más dominante y con mayor importancia en la alimentación de los camélidos constituyendo los pastizales de iru ichu (Cuadro 2).

Los pastizales de chilliwa generalmente se encuentran en suelos profundos, se consideran como campos de pastoreo nativo de alto potencial de forraje (Figura 2). Se utilizan intensivamente para el pastoreo de camélidos y ruminantes (Genin *et al.* 1994, Campero 2004). A pesar de que el valor nutritivo de *F. dolichophylla* no es muy alto en comparación con otros forrajes, el valor nutricional de este pastizal, se incrementa debido a la presencia de otras especies vegetales asociadas, como ser (en base a Genin y Alzérreca 2006):

- Layu (*Trifolium amabile*)
- Sillu sillu (*Lachemilla pinnata*)
- Siqui (*Hypochoeris* spp.)
- Cebadilla (*Bromus catarthicus*)
- Cola de ratón (*Hordeum muticum*)
- Chiji (*Distichlis humilis*)
- Kemallu (*Eleocharis* spp.)
- Poita (*Poa annua*)
- Chiji negro (*Muhlenbergia fastigiata*)

Festuca orthophylla, es la especie más dominante en los pastizales iru-ichu. Desempeña un papel importante en el control de la erosión y ha sido considerada como un "ingeniero de paisajes" (Monteiro *et al.* 2011). Sin embargo, los camélidos (especialmente llamas), se alimentan de hojas frescas/regeneradas e inflorescencias, reduciendo su potencial reproductivo.

Esta planta perenne presenta hojas duras y erectas y generalmente se encuentra en suelos de mala calidad con alto porcentaje de arena. Generalmente se asocia con arbustos de los géneros *Baccharis* y *Parastrephia* y otras especies que aparecen durante la estación húmeda como *Dis-*

tichlis humilis, *Mulhenbergia fastigiata* y *Deyeuxia* (Genin y Alzérrecá 2006). A pesar del bajo valor nutricional, constituye una importante fuente de alimento para los ganados camélidos y bovino, especialmente durante la época seca y fría (Genin *et al.* 1994) (Figura 3).

Cuadro 2. Principales asociaciones de plantas, especies dominantes y producción de forraje de pastizales nativos en el Altiplano de Bolivia

Asociación de plantas	Especies dominantes	Producción de forraje (materia seca en kg/ha)
Tolar- <i>Parastrephia</i>	<i>Parastrephia lepidophylla</i> <i>Erodium cicutarium</i> <i>Nasella pubiflora</i>	200–700
Tolar- <i>Baccharis</i>	<i>Baccharis incarum</i> <i>Tetraglochin cristatum</i>	150–650
Otros tolares	<i>Fabiana densa</i> <i>Lampaya castellani</i>	150–600
Pastizales de Iru ichu	<i>Festuca orthophylla</i> <i>Deyeuxia</i> spp.	100–500
Pastizales de Ichu	<i>Stipa ichu</i> <i>Bouteloua simplex</i>	100–500
Gramadal	<i>Distichlis humilis</i> <i>Mulhenbergia fastigiata</i>	700–1000
Pastizal de <i>Hordeum</i>	<i>Hordeum muticum</i> <i>Distichlis humilis</i>	900–3300
Pastizal de Chilliwá	<i>Festuca dolichophylla</i> <i>Trifolium amabile</i>	550–2000
Bofedal	<i>Distichia muscoides</i> <i>Oxychloe andina</i> <i>Plantago tubulosa</i> <i>Festuca dolichophylla</i> <i>Festuca rigescens</i>	750–6000
Praderas con cojines	<i>Azorella compacta</i> <i>Pycnophyllum</i> spp. <i>Calamagrostis vicunarum</i>	220–300
Totalal	<i>Schoenoplectus tatora</i> <i>Myriophyllum</i> spp.	2000–15000
Kemparal	<i>Baccharis juncea</i> <i>Distichlis humilis</i>	2000–4000
Churquiales, palquiales	<i>Prosopis ferox</i> <i>Acacia feddeana</i>	500–700

Fuente: Genin y Alzérrecá, 2006



Figura 2. Pastizales de chilliwa (*Festuca dolichophylla*)

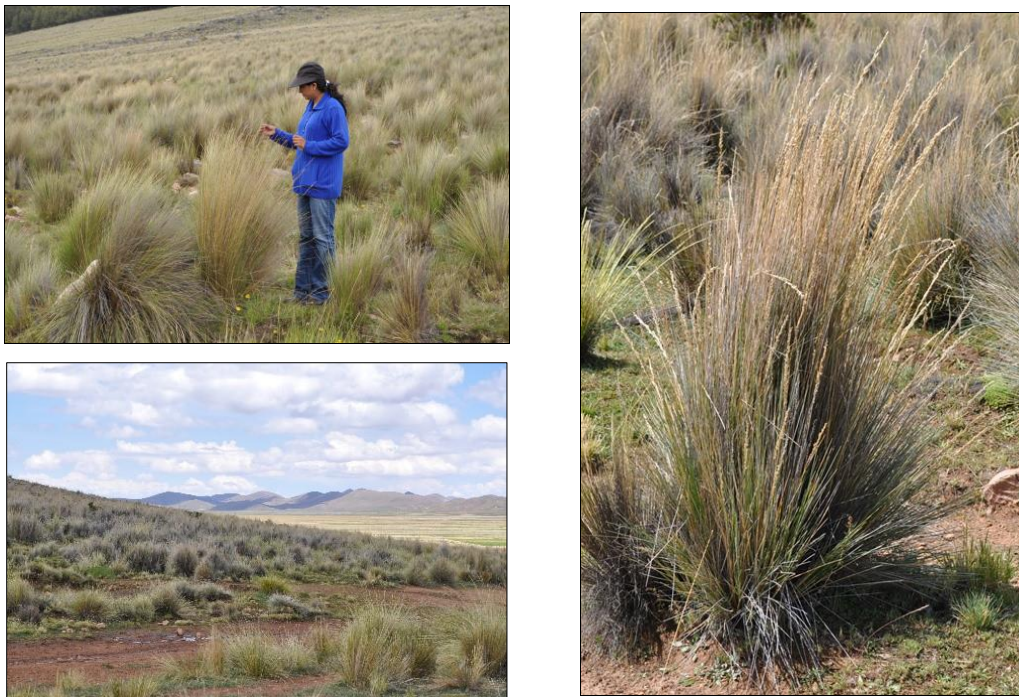


Figura 3. Pastizal de Iru-ichu (*Festuca orthophylla*)

Los bofedales denominados también humedales, son prados con vegetación natural siempre verde proporcionando alta calidad de forrajes. Se encuentran en todas las provincias biogeográficas de la región tropical andina. Aunque la mayoría de las especies representativas pertenecen a los géneros *Distichia*, *Oxychloe* y

Plantago, *F. dolichophylla* y *F. rigescens* han sido descritas como parte de este humedal y constituyen un importante recurso de alimentación para el ganado bovino y ovino, contribuyendo a la producción de leche, cuero y lana en el Altiplano (Genin y Alzérreca 2006) (Figura 4).



Figura 4. Bofedales en zonas altas del departamento de La Paz

5. Valor nutricional

La producción ganadera es la actividad dominante de los pequeños agricultores que viven en el Altiplano de Bolivia (Genin y Alzérreca 2006). Los rebaños mixtos de camélidos y ovinos tienen la capacidad de utilizar adecuadamente el forraje disponible en la región debido a diferentes comportamientos de pastoreo (Genin y Tichit 1997; Campero 2004). Los camélidos consumen las proporciones más altas de pastos gruesos dominantes como *F. orthophylla* y *Stipa ichu*, mientras que los ovinos buscan plantas herbáceas más finas, que crecen principalmente debajo de los arbustos (Alzérreca 2004).

Las praderas altas y gruesas de *Stipa ichu* (paja brava) y *F. orthophylla* (iru ichu) son las especies dominantes en el Altiplano de Bolivia. *F. orthophylla* cubre alrededor del 30% del Altiplano Central (Alzérreca y Lara 1988; Monteiro *et al.* 2011) y es considerado por los pequeños agricultores como un forraje pobre, debido a su bajo valor nutritivo y su rugosidad (Genin *et al.* 1994; Zapata 2005; Monteiro y Korner 2013). La proteína bruta reportada para esta especie en materia seca varía de 2,3 a 7,6 % y tiene un contenido promedio de ceniza del 7,4% (Alzérreca y Cardozo 1991; Genin y Alzérreca 2006; Mamani-Linares *et al.* 2013; Ustariz *et al.* 2019). *F. orthophylla* tiene una gran importancia en la agricultura, ya que muchas veces es el único forraje disponible para los rebaños en la región, especialmente durante la estación seca (Genin *et al.* 1994).

La segunda especie importante de este género en el Altiplano y otras zonas altas de Bolivia, es *F. dolichophylla* (chilliwa). Este pastizal es muy utilizado para el pastoreo de los ganados vacuno, ovino y

camélido (Villca y Genin 1995). El valor nutricional de esta especie se considera moderado con un contenido de proteína bruta en materia seca que oscila entre 3,7 y 7,7% y un contenido promedio de ceniza de 7,2% (Mamani 2003; Alzérreca y Cardozo 1991; Genin y Alzérreca 2006; Mamani-Linares *et al.* 2013).

El valor nutricional de *Festuca* contribuye a la producción, salud y fertilidad óptima en camélidos, bovinos y ovinos. La concentración de nutrientes, sin embargo, no sólo está influenciada por las diferencias genéticas, sino que también depende del pH del suelo y la fertilidad del suelo, la especie forrajera, la etapa de madurez de la planta, la estación y el clima, el riego y los insumos atmosféricos (McDowell *et al.* 1996; Givens *et al.* 2000).

En un estudio realizado por Ustariz *et al.* (2019) donde se evaluó la composición mineral y el valor nutricional de 11 ecotipos de *Festuca* de la región andina de Bolivia, se identificó candidatos para iniciar un programa de mejoramiento genético. Cuatro accesiones con elevado contenido en proteínas, mostraron resultados similares a variedades comerciales de Argentina (*Festulolium* y *F. arundinacea* cv. Taita). Las mismas accesiones mostraron, además, un alto contenido de Ca y Mg. Adicionalmente, dos accesiones se destacaron por su alto contenido de P.

6. Diversidad genética

La diversidad genética en las plantas brinda la oportunidad a los fitomejoradores de desarrollar cultivares nuevos y mejorados con características deseables, que incluyan tanto caracteres preferidos por el agricultor (e.g. potencial de rendi-

miento y semillas grandes) como caracteres preferidos por el fitomejorador (e.g. resistencia a patógenos y plagas). Desde el comienzo de la agricultura, la variabilidad genética natural ha sido explotada dentro de las especies de cultivos para satisfacer las necesidades alimentarias de subsistencia en poblaciones en crecimiento. Además, la conservación de los recursos fitogenéticos es importante para mejorar los cultivos con el fin de hacer frente a los retos mundiales futuros en relación a la seguridad alimentaria y nutricional (Govindaraj *et al.* 2015).

En la actualidad existe escasa información relacionada a la diversidad genética de especies del género *Festuca* originadas en América del Sur, incluida Bolivia. La prioridad ha sido dada a estudios de distribución geográfica, taxonomía (Mercado *et al.* 2013, Renvoize 1998, Stancik *et al.* 2007), contenido nutricional (Merlo *et al.* 2018, Mamani 2003, Mamani-Linares *et al.* 2013) y digestibilidad (Genin y Tichit 1997).

Si bien las especies de este género son una fuente de alimento muy importante para los animales que habitan sobretodo la región del Altiplano de Bolivia, existe poca atención a los temas relacionados con la conservación y mejoramiento de especies nativas en el Altiplano y regiones altas de Bolivia.

La información relacionada a la diversidad genética dentro y entre poblaciones es muy importante para el desarrollo de estrategias de manejo efectivas para especies de plantas, sobretodo, para aquellas que se encuentran en peligro de extinción, permitiendo una conservación efectiva y el mejoramiento genético en programas de fitomejoramiento.

En un estudio publicado recientemente por Ustariz *et al.* (2022), relacionado a la diversidad genética de 43 poblaciones de festucas de las regiones altas de Bolivia, utilizando marcadores moleculares de microsatélites de secuencias expresadas (EST-SSR), se concluyó que tres marcadores nuevos EST-SSR desarrollados (FES04, FES13 y FES24) y un marcador EST-SSR (NFA142) públicamente disponible para *Festuca arundinacea*, son útiles para realizar estudios de diversidad genética de poblaciones de *Festuca* spp. u otras especies de Poaceae debido a su elevado polimorfismo genético.

Los resultados encontrados mostraron que no existe una diferencia significativa entre las poblaciones estudiadas, indicando una falta de estructura poblacional que probablemente sea provocada por factores como al alto flujo de genes. Si bien no se identificó un "punto crítico" (*hot spot*) claro de diversidad genética, los resultados sugieren que las zonas altas del departamento de Cochabamba, podrían ser adecuadas para la conservación *in-situ* de especies de *Festuca* en Bolivia.

El hecho de que se encontrara una diferenciación significativa (aunque baja) entre los grupos de población a nivel departamental, sugiere la necesidad de realizar más estudios que cubran mayores áreas geográficas de Bolivia, con el fin de obtener más luces sobre la diversidad genética de este género en el país.

7. Iniciativas de conservación

La importancia de conocer la diversidad genética en miras de desarrollar el mejoramiento genético y la estabilidad a largo plazo de los ecosistemas, da lugar a dos estrategias de conservación de los recursos genéticos.

La conservación *ex situ* que incluye el almacenamiento en bancos de genes de las colecciones de germoplasma destinadas a representar mejor la diversidad genética, y la conservación *in situ* que incluye el mantenimiento de plantas en hábitats específicos (e.g. pastizales permanentes), lo que permite una adaptación evolutiva continua (Frankel *et al.* 1995; Maxted *et al.* 1997). Los factores ecológicos y las prácticas agrícolas han creado una vasta biodiversidad que sólo puede conservarse protegiendo los hábitats y utilizando métodos de gestión cercanos a los que crearon esa diversidad (Peeters 2004).

Los pastizales permanentes naturales o semi-naturales albergan poblaciones de especies de *Festuca* que están altamente adaptados a sus hábitats, mostrando variaciones para rasgos de importancia adaptativa como ser el hábito de crecimiento o resistencia a diversas enfermedades.

En la actualidad, el banco de germoplasma de especies forrajeras del Centro de Investigación en Forrajes “La Violeta”, alberga una colección de germoplasma de *Festuca* spp. Asimismo, alberga el mismo germoplasma en el Centro Experimental Agropecuario Condoriri (CEAC), perteneciente a la Universidad Técnica de Oruro (Figura 5, Anexo 1).

8. Conclusiones y perspectivas

El forraje proveniente de los campos nativos de pastoreo (CANAPAS), constituye el pilar de la supervivencia de las sociedades andinas, las cuales desarrollaron prácticas y estrategias ganaderas para aprovechar estos recursos naturales.

Actualmente la degradación de estos campos nativos que incluyen en su mayoría pastizales se encuentra en aumento como consecuencia del sobrepastoreo, el cambio climático, el avance en la frontera agrícola y las técnicas de manejo inadecuadas (e.g. quema no controlada).

El Centro de Investigación en Forrajes “La Violeta” perteneciente a la Universidad Mayor de San Simón de Cochabamba, Bolivia, viene realizando desde inicios del año 2015, diferentes investigaciones en el género *Festuca*.

A la fecha se tienen implementadas parcelas experimentales de *Festuca* spp. en el Centro Experimental Agropecuario Condoriri perteneciente a la Universidad Técnica de Oruro. Dichas parcelas cuentan con 43 accesiones provenientes de los departamentos de La Paz, Oruro, Potosí y Cochabamba y han servido como banco de genes *ex situ* para el desarrollo de investigaciones que se encuentran actualmente en curso por investigadores del CIF, mencionando entre ellos, estudios de rendimiento en producción de biomasa y semilla, estudios de palatabilidad de especies de *Festuca* con ganado bovino y camélido, determinación del porcentaje de tasa de infección de hongos endofitos en semillas y determinación de ploidía de las especies identificadas.

Al ser el género *Festuca* considerado por los agricultores del Altiplano como una fuente forrajera importante en la región del Altiplano y zonas altas de Cochabamba, es vital generar mayor conocimiento científico, con el fin de establecer estrategias de conservación y uso sostenible de forraje nativo en programas de mejoramiento genético en Bolivia.



Figura 5. Parcelas de *Festuca* spp. en el Centro Experimental Agropecuario "Condoriri" de la Universidad Técnica de Oruro (a 3830 msnm), establecidas por trasplante de material obtenido en el CIF, en Cochabamba.

El ensayo se estableció bajo un diseño experimental de bloques completos al azar, con cinco bloques, cada uno con nueve accesiones y donde cada accesión comprende quince individuos, en dos repeticiones (referir al Anexo 1).

Referencias citadas

- Alzérreca H., Lara R. 1988. Evaluación de praderas nativas en el Altiplano Central y Oeste del Departamento de Oruro. Primera Reunión Nacional en Praderas Nativas de Bolivia. Programa de Auto-desarrollo Campesino, Corporación Desarrollo de Oruro (PAC, CORDEOR). Oruro, Bolivia. P. 3-11.
- Alzérreca H., Cardozo A. 1991. Valor de los Alimentos para la Ganadería Andina. Serie Técnica SR-CRSP/001. IBTA. La Paz, Bolivia. p. 32-35.
- Alzérreca H. 2004. Campos Nativos de Pastoreo de Bolivia. **En:** Alzérreca H. (ed). XV Reunión Nacional de Asociación Boliviana de Producción Animal (ABOPA). Oruro, Bolivia. p. 217-229.
- Campero J. 2004. Llama (*Lama glama* L.) and Guanaco (*Lama guanicoe* M.): General perspective. **In:** Cardellino R, Rosati A, Mosconi C, editors. FAO-ICAR Seminar on camelids: Current Status of Genetic Resources, Recording and Production Systems in African, Asian and American Camelids, Sousse, Tunisia.
- Clayton W., Renvoize S. 1986. Genera Graminum Grasses of the World, 1st ed.; Kew Bulletin Additional Series XIII; Royal Botanical Garden: Kew, UK. 389 p.
- Frankel O., Brown A., Burdon J. 1995. The conservation of plant biodiversity. Cambridge University Press, Cambridge.
- Geerts S., Raes D., Garcia M., del Castillo C., Buytaert W. 2006. Agroclimatic suitability mapping for crop production in the Bolivian Altiplano: A case study for quinoa. *Agric For Meteorol.* 139: 399-412.
- Genin D., Villca Z., Abasto P. 1994. Diet selection and utilization by llama and sheep in a high altitude-arid rangeland of Bolivia. *J Range Manage.* 47: 245-248.
- Genin D., Alzérreca H. 2006. Campos nativos de pastoreo y producción animal en la puna semiárida y árida andina. *Science et changements planétaires/Sécheresse.* 17: 265-274.
- Genin D., Tichit M. 1997. Degradability of Andean range forages in llamas and sheep. *Rangeland Ecology and Management. Journal of Range Management Archives.* 50: 381-385.
- Givens D., Owen E., Omed H., Axford R. 2000. Forage Evaluation in Ruminant Nutrition. CABI Publishing, Oxon, UK, p. 345-397.
- Govindaraj M., Vetriventhan M., Srinivasan. M. 2015. Importance of genetic diversity assessment in crop plants and its recent advances: an overview of its analytical perspectives. *Genetics Research International.*
- Ibisch P. 2005. Biodiversity conservation in Bolivia: History, trends and challenges. **In:** Environmental Issues in Latin America and the Caribbean. Springer, Dordrecht. p. 55-71.
- Inda L., Segarra-Moragues J., Müller J., Peterson P., Catalán P. 2008. Dated historical biogeography of the temperate Loliinae (Poaceae, Poideae) grasses in the northern and southern hemispheres. *Mol Phylogenet Evol.* 46:932-957.
- Jørgensen P., Nee M., Beck S., Arrázola S., Saldias M. 2014. Catálogo de las plantas vasculares de Bolivia. Missouri Botanical Garden Press.

- Mamani C. 2003. Centro Experimental Agropecuario Condoriri. **En:** Meneses, R. y Barrientos E. (eds). 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 Fondo Universitario "La Violeta". Proyecto AgroLeg (CIAT-CIF-CIFP-SEFO) Cochabamba, Bolivia. p. 137-141.
- Mamani-Linares W., Gallo C., Pulido R. 2013. Composición botánica y contenido nutricional de pasturas nativas en periodo seco en el Altiplano. Documento presentado en el XXXVIII Congreso de la Sociedad Chilena de Producción Animal. Libro de resúmenes. Instituto de Ciencia Animal, Facultad Ciencias Veterinarias, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile, 23-25 Octubre 2013.
- McDowell L. 1996. Feeding minerals to cattle on pasture. *Animal Feed Science and Technology*. 60. 247-271.
- Maxted N., Ford-Lloyd B., Hawkes J. 1997. Plant genetic conservation: the *in-situ* approach. Chapman & Hall, London.
- Meneses R., Mercado M., Delgado D. 2012. *Festuca cochabambana*. **En:** Navarro G., Arrázola S., Atahuachi M., de La Barra N., Mercado M. (Eds.) Libro Rojo de la Flora Amenazada de Bolivia. Vol. I. Zona Andina, Ministerio de Medio Ambiente y Agua. La Paz, Bolivia. p. 214-215.
- Mercado M., Arrázola S., Gutiérrez F., Ramírez K., Gonzales J., Atahuachi M., Vargas N., Burgos J., Ovando K., Campos H., Achá N. 2013. Guía ilustrada de especies forrajeras nativas de la zona andina en Bolivia. Proyecto conservación y manejo sostenible de la biodiversidad de los recursos genéticos forrajeros de la zona andina de Bolivia. UMSS – FCAPFyV – FcyT – CISTEL – BASFOR – CBG – CIUF-CUD. Cochabamba, Bolivia, 192 p.
- Merlo F., Ku J., Condori R., Pérez L., Albarracín A. 2018. Efecto de la edad y época de año sobre el rendimiento y composición química del pastizal chilliwar *Festuca dolychophylla* en Tiahuanaco, Bolivia. **En:** Meneses R (ed.) XXII Reunión Nacional de la Asociación Boliviana de Producción Animal (ABOPA), Santa Cruz, Bolivia, 11–13 Octubre, 2018.
- Monteiro J., Hiltbrunner E., Körner C. 2011. Functional morphology and microclimate of *Festuca orthophylla*, the dominant tall tussock grass in the Andean Altiplano. *J Flora-Morphol Distrib Funct Ecol Plant*. 206: 387-396.
- Monteiro J, Körner C. 2013. Leaf turnover and herbivory in the tall tussock grass *Festuca orthophylla* in the Andean altiplano. *Alpine Botany*. 123: 13-20.
- Moraes M., Beck S. 1992. Diversidad florística de Bolivia. **En:** Marconi M. (ed.) Conservación de la Diversidad Biológica en Bolivia. Centro de datos para la conservación, Bolivia, USAID, La Paz, Bolivia.
- Peeters A. 2004. Wild and sown grasses. Blackwell Pub, Rome.
- Renvoize S. 1998. Gramíneas de Bolivia. Royal Botanic Gardens Kew, doi: 10.1111/j.1756-1051.1998.tb01891.
- Stancik D., Peterson P. 2007. A revision of *Festuca* (Poaceae: Loliinae) in South American. *Paramos. Contributions from the United States National Herbarium*.
- Smyth G. 2005. Limma: linear models for microarray data. **In:** Gentleman R., Stammers M., Harris J., Evans G.,

- Hayward M., Forster J. 1995. Use of random PCR (RAPD) technology to analyze phylogenetic relationships in the *Lolium/Festuca* complex. *Heredity* 74: 19-27.
- Ustariz K., Geleta M., Persson H., Ortiz R. 2022. Analysis of Genetic Diversity of Fescue Populations from the Highlands of Bolivia Using EST-SSR Markers. *Genes*, 13(12), 2311.
- Ustariz K., Geleta M., Hovmalm H., Gutierrez F., Beltrán J., Ortiz R. 2019. Mineral composition and nutritive value of *Festuca* ecotypes originated from the highland region of Bolivia and cultivars from Argentina. *Australian Journal of Crop Science*. 13(10), 1650.
- Valdivia C., Seth A., Jiménez E. Cusicanqui J. 2013. Cambio climático y adaptación en el Altiplano de Bolivia. Cambio climático y adaptación en el Altiplano boliviano.
- Villca Z., Genin D. 1995. Uso de los recursos forrajeros por llamas y ovinos. Comportamiento alimenticio. **En:** Genin D., Picth H., Lizarazu R., Rodríguez T. (Eds.) Rev. WAIRA PAMPA. Un sistema pastoril camélidos-ovinos del altiplano árido boliviano. ORSTOM. CONPAC-Oruro-IBTA, La Paz, Bolivia, p. 117-130.
- Watson L., Dallwitz M. 1992. *The Grass Genera of the World*; CAB International: Wallingford, UK. 1038 p.
- Wheeler J. 1991. Origen, evolución y status actual. **In:** Fernandez-Baca S. (ed.). *Advances and Perspectives in the Knowledge of the South American Camelids*. FAO Regional Office for Latin America and the Caribbean, Santiago, Chile. p. 11-48.
- Yamada T. 2011. *Festuca*. In *Wild crop relatives: genomic and breeding resources* Springer, Berlin, Heidelberg. p 153-164.
- Zapata A. 2005. Las forrajeras nativas preferidas por los camélidos. *Rev Suma Tama*. 1: 1-20.

Anexo 1: Croquis referencial de campo de la parcela con accesiones de *Festuca* spp. establecidas por el CIF "La Violeta", en el Centro Experimental Agropecuario Condoriri, de la Universidad Técnica de Oruro



Repetición II

13	23	1	28	34	9	41	19	5
8	38	18	44	30	40	4	35	26
20	6	27	42	14	22	33	10	17
15	45	36	24	3	39	29	21	12
11	43	31	37	7	25	32	16	2

Repetición I

23	30	41	8	15	38	21	45	6
3	44	37	28	11	14	40	7	35
13	34	20	16	26	5	24	18	31
32	2	27	39	22	43	12	4	29
1	17	9	33	42	10	19	36	25

----- Camino de ingreso al CEAC-UTO -----

Caracollo ← ----- CAMINO CARRETERO ----- → Fábrica de cemento

Distancia entre plantas: 0.5 m
 Distancia entre accesiones: 1 m
 Separación entre bloques: 1.5 m

Fecha de plantación: 17 de diciembre de 2015

Se plantó 15 plantas de cada una de las 45 accesiones (parcela)

Anexo 1: Referencias de la procedencia de cada una de las 45 accesiones establecidas y evaluadas en el CEAC-UTO:

Nro. de accesión	Departamento	Localidad	Sitio geográfico de colecta		
			Latitud Sur	Longitud Oeste	Altitud (msnm)
1	Oruro	Caracollo	17°39'20.3"	67°13'36.5"	3771
2	Oruro	Caracollo	17°42'26.2"	67°16'10.4"	3770
3	Oruro	Condoriquiña	17°31'43.2"	67°15'14.5"	3957
4	Oruro	Pazña	18°26'21.0"	66°58'19.5"	3715
5	Oruro	Relenga - Sora Sora	18°09'33.1"	66°59'11.2"	3757
6	Cochabamba	Tiraque	17°27'23.9"	65°43'09.8"	3217
7	Cochabamba	Sankayani	17°25'32.9"	65°37'41.9"	3930
8	Cochabamba	Sankayani Alto	17°24'08.4"	65°36'58.2"	4073
9	Cochabamba	Tiraque	16°31'44.2"	68°20'53.7"	3673
10	Oruro	Chilliwani	16°59'29.4"	68°04'28.4"	3799
11	La Paz	Cakiaviri	17°19'05.1"	67°46'02.7"	3970
12	Cochabamba	Colomi	17°41'18.8"	66°47'04.4"	3689
13	La Paz	Chirapaca	17°25'33.2"	65°54'57.4"	3885
14	La Paz	Igachi	17°38'55.7"	67°11'55.3"	3829
15	La Paz	Igachi	17°36'18.7"	67°15'57.2"	3834
16	La Paz	Achica Arriba	16°57'28.4"	68°25'23.9"	3927
17	La Paz	Querani	17°22'29.8"	67°27'27.5"	3971
18	La Paz	Chirioco	17°22'29.7"	67°27'28.8"	3929
19	La Paz	Orkojipiña	19°52'52.3"	69°40'58.9"	3862
20	La Paz	El Tholar	19°49'40.4"	65°35'57.0"	3979
21	La Paz	Sica Sica	19°50'48.2"	65°34'15.3"	3906
22	Cochabamba	Japo	19°37'25.2"	65°44'02.2"	4325
23	Cochabamba	Melga	19°26'44.5"	65°51'26.1"	3338
24	Oruro	Illapa	16°31'44.2"	68°20'53.7"	3777
25	Oruro	Vila Vila	16°59'29.4"	68°04'28.4"	3839
26	La Paz	Comanche	17°19'05.1"	67°46'02.7"	4037
27	La Paz	Konchamarca	17°41'18.8"	66°47'04.4"	3987
28	La Paz	Konchamarca	17°25'33.2"	65°54'57.4"	3981
29	Potosí	Janko Huaje	17°38'55.7"	67°11'55.3"	3659
30	Potosí	Janko Huaje	17°36'18.7"	67°15'57.2"	3918
31	Potosí	Janko Huaje	16°57'28.4"	68°25'23.9"	3577
32	Potosí	Cerro Potosí	17°22'29.8"	67°27'27.5"	4316
33	Potosí	Totorapampa	17°22'29.7"	67°27'28.8"	3566
34	Potosí	Tambo Alcalá	19°19'34.6"	66°02'04.1"	4072
35	Potosí	Toraca Baja	18°09'59.6"	66°59'39.0"	3742
36	Cochabamba	Villa Junín	17°24'31.4"	65°42'45.3"	3406
37	Cochabamba	Boquerón K'hasa	17°29'16.7"	65°36'41.5"	3641
38	Cochabamba	Vacas	17°31'03.0"	65°36'48.2"	3790
39	Cochabamba	Vacas	17°31'59.2"	65°36'12.8"	3751
40	Cochabamba	Vacas	17°33'06.8"	65°36'19.9"	3585
41	Cochabamba	Sunjani	17°10'12.6"	66°21'08.4"	3974
42	Cochabamba	Peñas	17°09'20.6"	66°25'57.2"	4193
43	Cochabamba	Parque Tunari	17°16'15.9"	66°19'49.7"	3809
44	<i>Variedad comercial de Festuca arundinacea (cv. Taita) de Argentina</i>				
45	<i>Variedad comercial de Festulolium de empresas semilleras de Argentina</i>				