

Número Especial: “INNOVACIONES en ESPECIES FORRAJERAS en ARGENTINA”

DOMESTICACIÓN DE *FESTUCA PALLESCENS*, UNA ESPECIE NATIVA CON POTENCIAL PARA RECUPERAR E INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD DE LOS PASTIZALES PATAGÓNICOS

Domestication of Festuca pallescens, a native species with potential to recover and increase the productivity of Patagonian grasslands

Marchelli P^{1,3,*}, López AS^{1,3,4}, Azpilicueta MM¹, Guidalevich V^{1,3}, Nagahama N^{2,3}, Ángeli JP^{2,3},
Martin-Albarracin VL¹, Easdale MH^{1,3}, Ugarte C², Aparicio AG¹

¹Instituto de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (IFAB), EEA Bariloche INTA-CONICET

²Estación Experimental Agroforestal Esquel - INTA, Esquel

³CONICET (CCT Patagonia Norte)

⁴Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco (Esquel)

*E-mail de contacto: marchelli.paula@inta.gob.ar

RESUMEN

Los pastizales patagónicos, principal recurso forrajero de la ganadería extensiva, se encuentran en franco deterioro con un marcado retroceso de algunas de sus especies clave. Esta situación se está agravando en el contexto de una sequía prolongada y un aumento de la frecuencia de eventos extremos, producto del cambio climático. Con el objetivo de promover el uso de especies forrajeras nativas para aumentar la productividad de los pastizales y contribuir a su restauración, se inició un programa de domesticación de *Festuca pallescens* (coirón blanco). En esta revisión presentamos los avances del programa que involucra la caracterización genética y ecofisiológica de la especie, así como la evaluación de la variación en la calidad forrajera y en caracteres de interés productivo. Además, se presentan las primeras experiencias del comportamiento en sistemas productivos mediante su implantación en ensayos en valles irrigados y el desarrollo tecnológico asociado a la producción de plantas, manipulación de semillas e implantación a campo. Los resultados indican que la especie tiene gran variabilidad genética y sus poblaciones están adaptadas localmente a los distintos ambientes que habita. Hay poblaciones que se destacan en distintos aspectos (mayor productividad de forraje, producción abundante de semillas, germinación, calidad forrajera, tolerancia a estrés hídrico), por lo que están siendo seleccionadas para cubrir distintas necesidades. Las especies nativas, por estar adaptadas a sus ambientes, se vislumbran como alternativas promisorias y ecológicamente amigables, especialmente en el contexto ambiental cambiante impuesto por el cambio global.

Palabras clave. especies forrajeras nativas, ambientes desafiantes, restauración, semillas inteligentes.

ABSTRACT

The Patagonian grasslands, main forage resource for extensive livestock, are in clear deterioration with a marked decline in some of their key species. This situation worsens in the context of a prolonged drought and an increase in the frequency of extreme events, as a result of climate change. With the aim of promoting the use of native forage species to increase the productivity of grasslands and contribute to their restoration, a program for the domestication of *Festuca pallescens* (coirón blanco) was initiated. In this review we present the advances of the program that involves the genetic and ecophysiological characterization of the species, as well as the evaluation of forage quality and variation in traits of productive interest. In addition, we present the first experiences in productive systems and the technological developments associated with the production of plants, seed management and field implantation. The results indicate that the species shows large genetic variability and its populations are locally adapted to their natural environments. There are populations that stand out in different aspects (forage productivity, abundant seed production, germination, forage quality, tolerance to drought stress), and are being selected to serve different demands. Being adapted to their environments, native species are perceived as promising and ecologically friendly alternatives, especially in the environmental context imposed by global change.

Key words. native forage species, challenging environments, restoration, smart seeds.

Recibido: agosto 2022

Aceptado: diciembre 2022

Editores del Número Especial: Juan Mattera, Alejo Ré, María Andrea Tomás, Agustín A. Grimoldi

Introducción

Los pastizales patagónicos están afectados por un intenso proceso de degradación, con avance de la desertificación, pérdida de las gramíneas que los componen y consecuente arbustización del sistema (Fernández y Busso 1999; Bertiller et al. 2002; Bisigato et al. 2005). Las causas son múltiples e incluyen sobrepastoreo histórico, prácticas inadecuadas de manejo y cambios en el clima. Estos pastizales son el sustento de la ganadería extensiva de ovinos, bovinos y caprinos, pero su baja productividad primaria limita la carga animal (Villagra 2005). Por estos motivos, surgió el interés de domesticar y mejorar genéticamente especies forrajeras nativas, fomentando la búsqueda de genotipos adaptados a ambientes desfavorables o extremos y que a su vez posean caracteres de interés agronómico. Una de las especies dominantes de los pastizales patagónicos es *Festuca pallescens* St. Yves (Parodi) (coirón blanco), que no escapa a la situación general y registra un marcado retroceso en los últimos cinco años (Oliva et al. 2020).

Domesticar implica generar conocimientos sobre qué material genético es el más adecuado para cada sitio, cómo se debe producir, de qué manera implantar ese material genético pre-seleccionado, además de identificar los sitios más favorables para su cultivo. En especies nativas, la domesticación puede cumplir con el doble propósito de ofrecer un sistema productivo alternativo y de promover acciones de conservación de la biodiversidad, mitigando procesos de degradación ambiental y contribuyendo a su restauración. Durante el proceso de domesticación es imprescindible generar conocimientos básicos sobre la especie y, a la par, iniciar el desarrollo tecnológico necesario para instalarla en sistemas productivos.

Caracterización y selección de poblaciones y genotipos

Festuca pallescens pertenece a la familia *Poaceae*, es una especie perenne C3, alohexaploide ($2n=6x=42$) con un cariotipo uniforme y alógama (Dubcovsky y Martínez 1987, 1991). Presenta crecimiento primavera-vernal, fecundación cruzada y varas florales con semillas de elevado poder germinativo sin dormición (Soriano et al. 1994; Coronato y Bertiller 1997; Defossé et al. 1997). Si bien los valores proteicos de sus hojas son bajos (entre 4 y 6%), la digestibilidad de la materia seca supera el 60% en la época primavera-vernal y permanece el resto del año por encima del 50% (Somlo et al. 1985). Los pastizales de *F. pallescens* se ubican en áreas topográficas que, por su exposición, profundidad de suelo y/o altura, poseen balances hídricos favorables para su desarrollo; abarcando un amplio gradiente pluviométrico desde 2000 mm de precipitación media anual hasta 200 mm (Bertiller et al. 1990; Bertiller et al. 1995; León et al. 1998). La distribución natural abarca desde el Norte de Neuquén hasta las nacientes del Río Coyle en Santa Cruz (Figura 1) (León et al. 1998), incluyendo varias de las Regiones Ecológicas propuestas para Patagonia (Soriano 1956; León et al. 1998).

En la Región Ecológica de Cordillera que se caracteriza por presentar un clima templado-frío (temperatura media anual 8 °C), con precipitaciones anuales que superan los 800 mm, el coirón blanco presenta ingresiones en el bosque en forma de parches en sitios abiertos (Godagnone y Bran 2009). La Región de Pastizales Subandinos presenta un gradiente pluviométrico oeste-este que varía entre 700 y 300 mm de precipitación media anual, una temperatura media anual que no supera los 10°C y se caracteriza por la presencia de mallines (5 a 10% de la superficie). En el oeste de esta región predominan las estepas gramíneas de *F. pallescens*. En cambio, hacia el este, en donde los ambientes son más áridos, las poblaciones de *F. pallescens* crecen generalmente a una mayor altitud y/o en mallines y peri-mallines (León et al. 1998; Méndez Casariego et al. 2005; Godagnone y Bran 2009). La Región de Sierras y Mesetas Occidentales se caracteriza por un clima predominantemente árido y frío, con precipitaciones entre 200 a 300 mm anuales, concentradas en otoño e invierno y una temperatura anual media entre 8 y 10°C (León et al. 1998; Méndez Casariego et al. 2005). En esta Región, en Patagonia norte las poblaciones se localizan en bordes de mallines y sectores por encima de los 1200 m s.n.m, como por ejemplo la Meseta de Somuncura (Bran et al. 1998; López et al. 2005); y en Patagonia sur ocupan sitios de menor altitud, encontrándose a partir de los 900 m s.n.m. (Bertiller y Defossé 1990; Bonvissuto et al. 2008). En la Región de Matorral de Mata Negra, que se caracteriza por tener un clima frío, con temperaturas medias de alrededor de 7°C y precipitaciones de 150 a 200 mm anuales existen extensas poblaciones de coirón blanco (Cuadra y Oliva 1994; León et al. 1998). Finalmente, en la Región de Estepa Magallánica Seca, cuyo régimen de precipitación media anual oscila entre los 200 y 300 mm y la temperatura media es de alrededor de 6-7 °C pueden encontrarse poblaciones de *F. pallescens*. Si bien la gramínea predominante en las estepas es *F. gracillima*, existen poblaciones de coirón blanco que ocupan principalmente cañadones, bajos y márgenes de lagunas o cubetas de deflación (León et al. 1998; Méndez Casariego et al. 2005).

Esta distribución abarca gradientes ambientales de precipitación, temperatura y fotoperíodo característicos de la Patagonia, lo que sugiere que las poblaciones de la especie se han adaptado a esta diversidad mediante cambios genéticos (adaptaciones locales) y/o fenotípicos (plasticidad). Además, esta amplia distribución presupone un alto nivel de diversidad genética. Esta gramínea nativa representa más del 20% en la dieta del ganado doméstico y es consumida también por animales silvestres (Pelliza-Sbriller et al. 1984; Bonvissuto et al. 2008). Su gran producción de semillas con muy buen poder germinativo (Defossé et al. 1997) y su amplia diversidad genética la hacen una excelente candidata para llevar a cabo el proceso de domesticación.

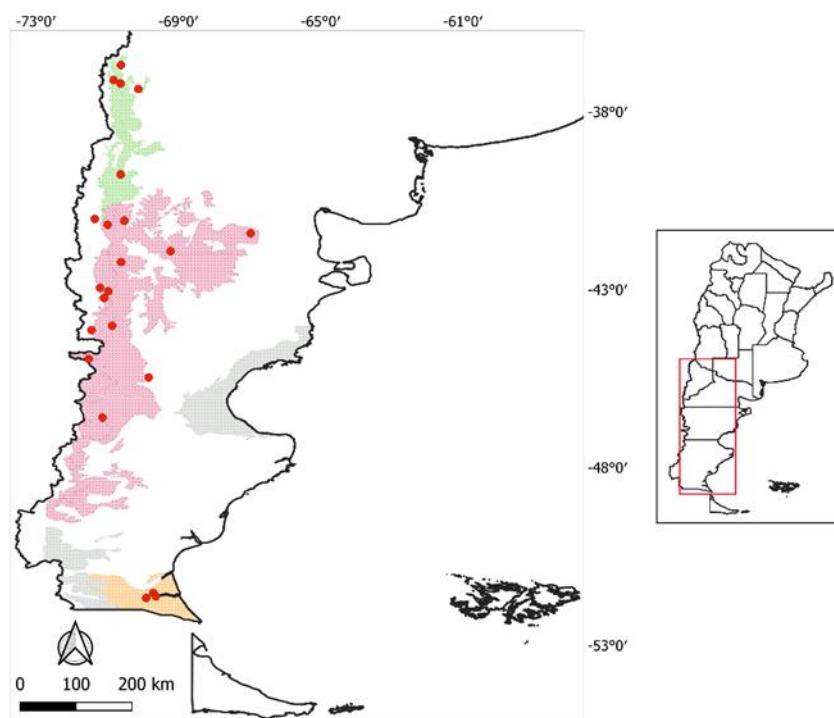


Figura 1. Definición preliminar de zonas de transferencia segura de semillas. Se pueden identificar tres zonas (norte, centro y sur). Los puntos rojos corresponden a las poblaciones muestreadas. La zona gris corresponde a áreas con presencia restringida de la especie que aún no fueron estudiadas. Zonificación realizada sobre el área real de distribución de la especie brindada por el Laboratorio de Teledetección del INTA EEA Bariloche.

Figure 1. Preliminary definition of seed transfer zones. Three zones are defined: north, center and south. Red points refer to sampled populations. The gray zone corresponds to areas with restricted presence of the species that have not yet been studied. Zonation based on the real distribution according to the GIS Lab of INTA EEA Bariloche.

Diversidad genética

Nuestros primeros estudios se centraron en poblaciones a lo largo de una transecta oeste-este en el norte de la Patagonia (provincia de Río Negro) abarcando el gradiente de precipitaciones (800 – 130 mm anuales). Utilizando marcadores microsatélites encontramos diferenciación entre poblaciones (AMOVA $\Phi_{PT} = 0,31$), pero con baja estructuración, destacándose principalmente los extremos del gradiente (López *et al.* 2020). Un análisis filogenético empleando secuenciación de ITS y del fragmento *trnL-F* del cloroplasto permitió identificar en uno de estos extremos ambientales, un ecotipo híbrido relacionado filogenéticamente con la especie simpátrica *Festuca argentina* (López *et al.* 2018). Una particularidad de *F. argentina* es su toxicidad para el ganado, pero desconocemos si el ecotipo híbrido mantiene esa característica. Con el objetivo principal de confirmar la identidad taxonómica y detectar la presencia del ecotipo en otras regiones, realizamos una identificación molecular de más de 20 poblaciones abarcando toda el área de distribución e

incluyendo especies cercanas y simpátricas (ej. *Festuca gracillima*; Guidalevich *et al.* 2021a). Este estudio reveló una alta diversidad dentro de la especie que, considerando el tipo de marcador empleado (ITS y *trnL-F*), sugiere procesos de hibridación con especies simpátricas, particularmente en los extremos de la distribución. Así, se distinguen el norte Neuquino con una variante molecular particular, el sur de Santa Cruz con una variante similar a *F. gracillima* y tres poblaciones puntuales, hacia al centro-este de la distribución que muestran variantes propias. Estas zonas periféricas podrían ser subóptimas para la especie por estar alejadas de la zona central de distribución (e.g. Eckert *et al.* 2008), por lo que procesos de hibridación natural podrían ofrecer nuevas combinaciones genéticas con potencialidad evolutiva. Esta primera caracterización nos permite también iniciar una zonificación genética preliminar, delimitando áreas para la transferencia de semillas (Figura 1). Actualmente estamos completando esta caracterización con otros marcadores moleculares.

Germinación y comportamiento frente al estrés hídrico

Se estudió la germinación de un set de poblaciones de Patagonia Norte mediante modelos de tiempo térmico y tiempo hídrico, herramientas que permiten evaluar la respuesta de las semillas ante distintas condiciones de disponibilidad de agua en el suelo y de temperatura. El modelo de tiempo térmico permitió establecer la temperatura mínima (T_b) a partir de la cual las semillas de la especie comienzan a acumular grados ($^{\circ}\text{C}$) día para germinar y por debajo de la cual la semilla no germina. Las poblaciones no presentaron diferencias significativas en este parámetro, siendo la T_b promedio de $-0,47^{\circ}\text{C}$. Sin embargo, la cantidad de grados día que la semilla debe acumular para germinar (constante tiempo térmico, ϕ_{50}) fue mayor en las poblaciones ubicadas al este de la distribución, donde las condiciones ambientales son más restrictivas (López et al. 2019). Por otro lado, el modelo de tiempo hídrico brindó información de los requerimientos hídricos mínimos para la germinación (Ψ_{50}). Al igual que la T_b , el potencial hídrico base no varió entre las poblaciones, presentado un valor promedio de $-3,17\text{ MPa}$. No obstante, la cantidad de MPa/d que debe acumular (constante de tiempo hídrico, ϕ_H) para germinar fue variable entre las poblaciones. Las poblaciones ubicadas en el centro de la distribución presentaron valores más bajos de tiempo hídrico que las poblaciones de los extremos (López et al. 2021). Estos resultados muestran que las poblaciones ubicadas en zonas más áridas tienen una ventana de germinación más acotada, germinando sólo cuando las condiciones son favorables, por ejemplo, en otoño.

La respuesta al estrés se evaluó sometiendo a plántulas de las mismas poblaciones a tres regímenes distintos de agua (T_1 =con riego, T_2 =pulsos de riego, T_3 = sin riego). En general, las poblaciones de la región semiárida del gradiente pluviométrico mostraron altos porcentajes de supervivencia en T_2 y T_3 . La mayoría de las poblaciones pudieron recuperarse después de recibir los pulsos de agua (T_2), pero cuando el estrés es severo (T_3 , $\Psi=-2,5\text{ MPa}$ durante 35 días) las plántulas no se recuperan. El día posterior a la aplicación de los pulsos de agua, las plántulas de todas las poblaciones se recuperan: incrementan el Ψ_H , la tasa neta de fotosíntesis y el uso eficiente del agua. Dos días después, se vuelven a medir estos parámetros y los valores son similares o disminuyen, indicando que la respuesta al pulso dura entre 24 y 48h. Por otra parte, la mayoría de las poblaciones produjeron menos macollos y biomasa total en T_2 y T_3 , pero hubo un ligero aumento en la biomasa subterránea. Sin embargo, ese incremento no fue significativo, sugiriendo que la planta no incrementa sus raíces bajo condiciones de estrés hídrico. No obstante, algunas poblaciones, en particular las de ambientes más áridos, produjeron en promedio más macollos que el resto en los tres tratamientos (López et al. en prensa). Estas poblaciones podrían ser interesantes para ambientes como praderas pobres o estepas poco productivas, porque con poca disponibilidad de agua, estas plantas aún podrían producir biomasa aérea. De todas formas, profundizaremos nuestros estudios en estrés hídrico ampliando el número de poblaciones y evaluando poblaciones de los extremos

latitudinales de la especie para explorar más a fondo las respuestas fisiológicas de esta especie a la sequía.

Variación genética en caracteres de interés productivo

La evaluación de distintas poblaciones en ensayos de ambiente común permite determinar si existe una base genética en la variación fenotípica detectada (Kawecki y Ebert 2004) (Figura 2). En un primer estudio se seleccionaron 10 poblaciones de *F. pallescens* y se instalaron dos ensayos de ambiente común, uno en Bariloche (EEA Bariloche, IFAB (INTA-CONICET), Río Negro) y otro en Trevelin (INTA EEA Esquel, Campo Experimental Agroforestal Trevelin, Chubut). Los ensayos son idénticos en cuanto al material evaluado (10 poblaciones) y al diseño (3 bloques, 20 plantas de cada población por bloque, total 600 plantas en cada sitio). En ambos sitios se analizaron variables asociadas a productividad (macollaje, tamaño de corona, altura, biomasa) y fenológicas (fenología de floración, producción de semillas). El diámetro de la corona basal (cm) y la altura de las matas son dos atributos que se analizan usualmente cuando se evalúa la condición de los pastizales naturales en la provincia fitogeográfica Patagonia (O'Regain 1993; Siffredi et al. 2011). Por lo tanto, realizamos cortes de biomasa al inicio de los ensayos en ambos sitios y correlacionamos dichos valores con la corona basal promedio. Las correlaciones fueron significativas lo que nos permitió utilizar el diámetro promedio de la corona basal como aproximación de biomasa producida. Además, se correlacionó el número de varas florales con la cantidad de semillas producidas por dichas varas florales en cada sitio, y las correlaciones también fueron significativas, con lo cual la producción de varas florales se utilizó como aproximación de producción de semillas. Para evaluar si existen diferencias entre la corona basal promedio y la producción de varas florales entre poblaciones y entre sitios, se analizó la varianza utilizando modelos mixtos lineales generalizados, con los dos factores principales (sitio y población) y su interacción como efectos fijos. Se encontraron diferencias significativas ($P < 0,01$) tanto entre poblaciones como entre sitios. La mayoría de las poblaciones presentaron mayor tamaño de matas y mayor producción de varas florales en Trevelin, indicando que este ambiente podría ser más cercano al óptimo para la especie que Bariloche (Figura 3).

A partir de estos ensayos, se seleccionaron dos poblaciones de cada sitio que se destacaron en las variables analizadas para avanzar en la determinación de heredabilidad de los caracteres de interés productivo. Se recolectaron semillas de 15 plantas madre seleccionadas a partir de la estimación de biomasa y la producción de semillas de cada una de las cuatro poblaciones y se instaló un ensayo de progenies ($N = 600$ plantas) en la EEA Bariloche IFAB (INTA – CONICET). Se evaluaron las mismas variables que en el ensayo anteriormente mencionado. En las variables de productividad de forraje no se detectaron diferencias significativas entre las poblaciones ($P > 0,05$), pero sí entre las familias (Guidalevich et al. 2021b). Esto es esperable considerando que hubo una pre-selección previa de las mejores poblaciones. La variabilidad entre familias permite avanzar con los procesos de selección.

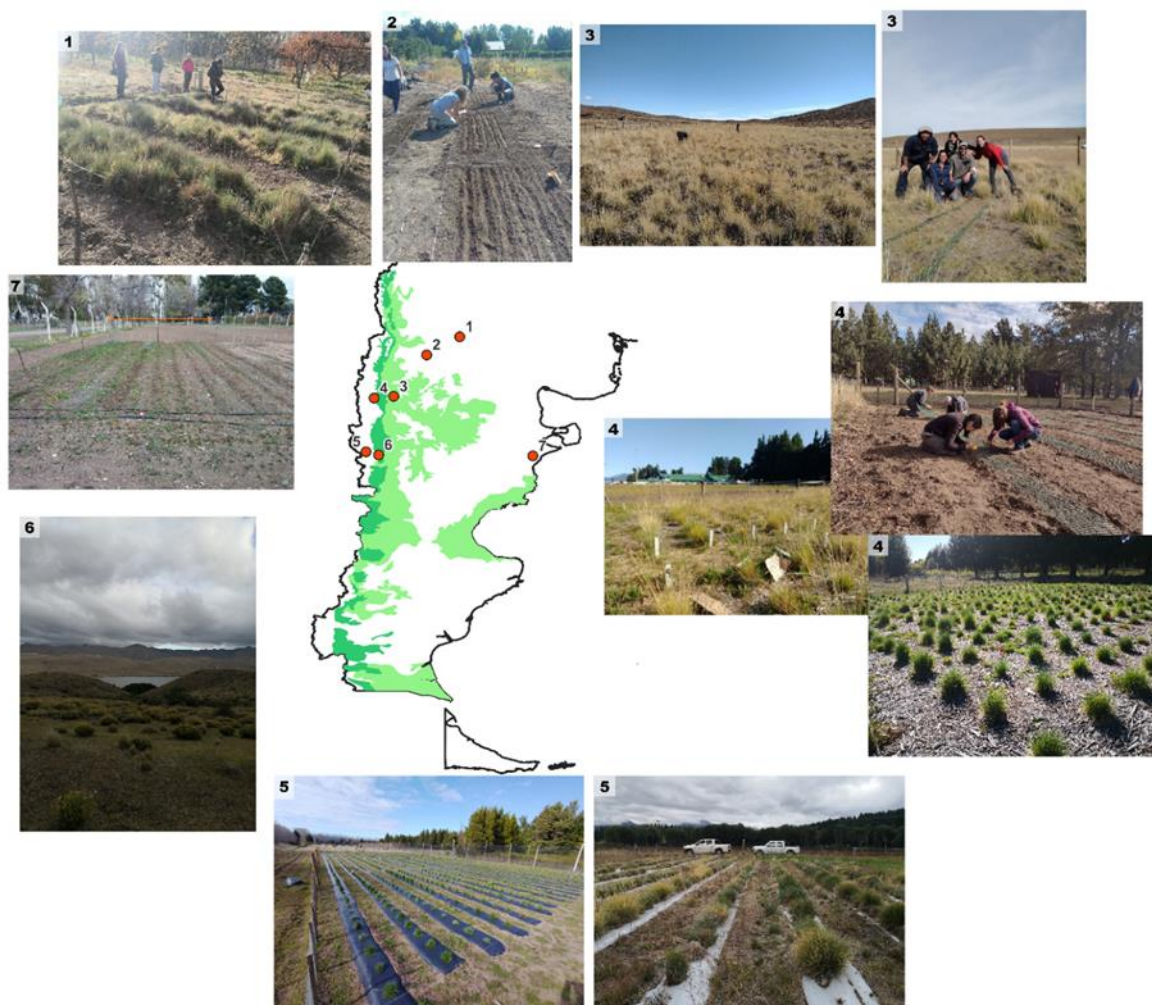


Figura 2. Imágenes de los ensayos de campo y parcelas demostrativas instalados con *Festuca pallescens* y su ubicación geográfica. Mapa mostrando la distribución real de la especie brindada por el Laboratorio de Teledetección del INTA EEA Bariloche, en verde oscuro: presencia abundante, verde claro: presencia restringida. 1: Facultad de Agronomía, UNCo Cinco Saltos, Pcia. Río Negro; 2: Picún Leufú, Pcia. Neuquén; 3: Pilcaniyeu, Pcia. Río Negro (Parcela inscripta ante INASE); 4: EEA Bariloche IFAB (INTA-CONICET); 5: CEAT Trevelin, Pcia. Chubut; 6: Cronómetro, Pcia. Chubut; 7: EEA Chubut.

Figure 2. Images of the field trials and demonstrative plots installed with *Festuca pallescens* and their geographical location. Map showing the real distribution of the species, according to the GIS Lab of INTA EEA Bariloche, in dark green: abundant presence, light green: restricted presence. 1: Faculty of Agronomy, UNCo Cinco Saltos, Province of Río Negro; 2: Picún Leufú, Province of Neuquén; 3: Pilcaniyeu, Province of Río Negro (Plot registered with INASE); 4: EEA Bariloche IFAB (INTA-CONICET); 5: CEAT Trevelin, Province of Chubut; 6: Chronometer, Province of Chubut; 7: EEA Chubut.

En cuanto a las variables fenológicas, se detectaron diferencias por población en las fechas de inicio y finalización de la etapa reproductiva, en la duración de esta etapa y en la cantidad de plantas que entran en ella y producen semilla (plantas productoras) (Guidalevich *et al.* 2022). Es interesante resaltar que existen genotipos que puedan ser seleccionados según estas características, con ciclos más cortos o que permitan un mayor período de disponibilidad de forraje. La producción de semillas y de macollos se encuentra en evaluación para estas poblaciones preseleccionadas.

En una segunda etapa y a los fines de ampliar la evaluación de poblaciones de *F. pallescens* se recolectaron semillas en 40 sitios a lo largo de toda la Patagonia y se seleccionaron 20

poblaciones teniendo en cuenta su distribución geográfica y diferentes ambientes en las que crecen. Se realizaron ensayos de germinación en invernáculo, evaluando porcentaje de germinación (emergencia de coleoptiles), tiempo de emergencia del 50% y 100% de coleoptiles (días) y crecimiento temprano de las plántulas. Para ello se contabilizó el número de hojas y macollos y se midió la longitud de la hoja más larga durante los primeros 90 días post-germinación. Se observó variabilidad en el comportamiento germinativo en semillas de diferentes poblaciones de *F. pallescens* y se encontraron diferencias significativas ($P < 0,05$) entre poblaciones para todas las variables estudiadas durante el crecimiento temprano de

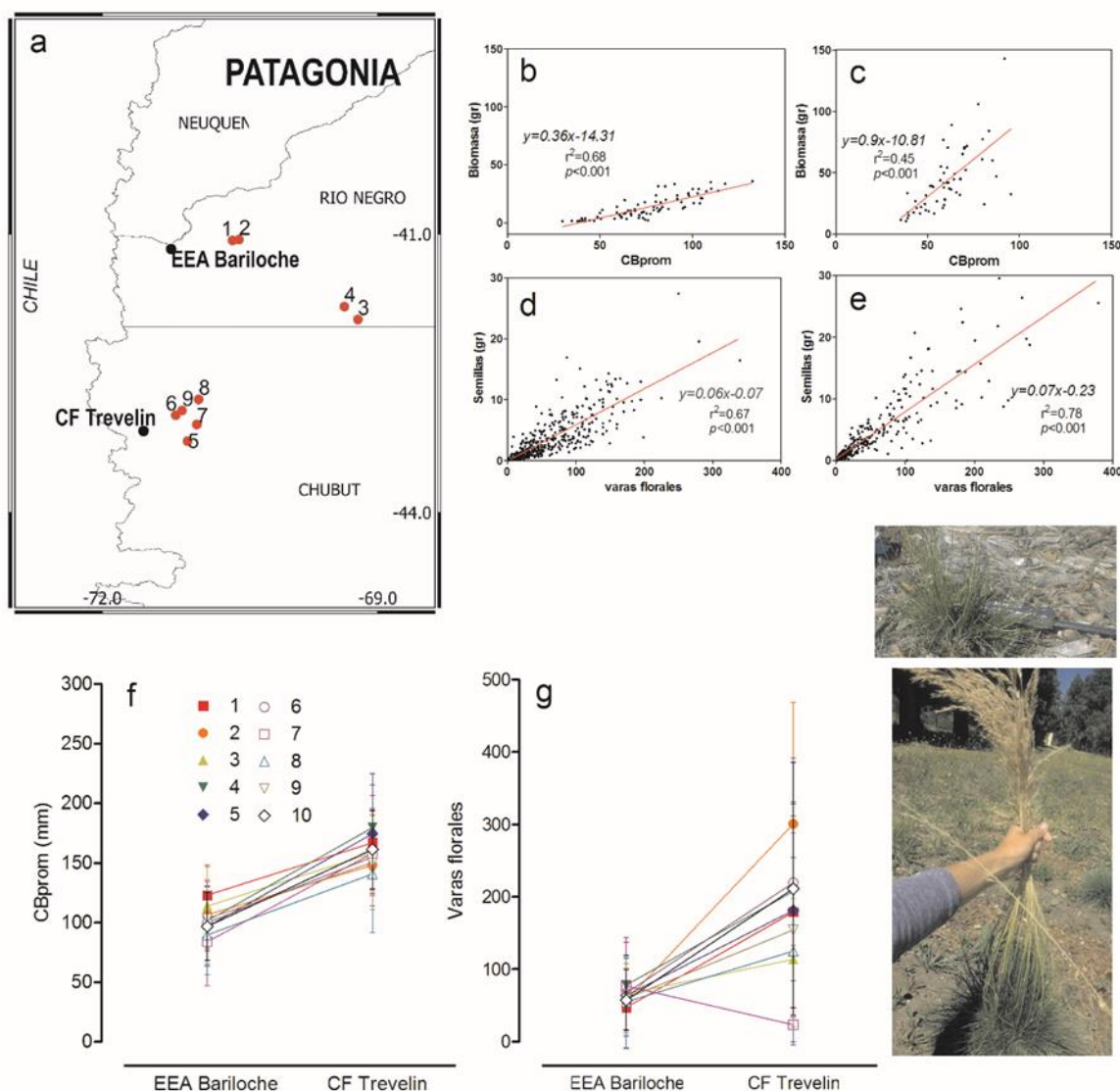


Figura 3. a) Ubicación geográfica de los ensayos de ambiente común (cuadros negros) y de las poblaciones de *Festuca pallescens* evaluadas (puntos rojos), b-c) Aproximación de biomasa y producción de semillas en la EEA Bariloche, d-e) Aproximación de biomasa y producción de semillas en CF Trevelin, f) Mediciones de la corona basal promedio (CBprom, mm) y g) Número de varas florales promedio para las 10 poblaciones evaluadas en cada sitio.

Figure 3. a) Location of the common garden trials (black squares) and the populations of *Festuca pallescens* evaluated (red circles), b-c) Proxy of biomass and seed production in EEA Bariloche, d-e) Proxy of biomass and seed production in CF Trevelin, f) mean basal crown (CBprom, mm) and g) number of flower stems for 10 populations evaluated at each site.

plántulas (Angeli et al. 2020). Considerando que el ensayo se realizó en ambiente común, es probable que estas diferencias estén asociadas a variabilidad genética intra-específica. Se identificaron ocho poblaciones con caracteres (germinativos) de interés (e.g. energía germinativa) para ser incluidas en el programa de domesticación y mejoramiento de la especie. El ensayo de crecimiento temprano de plántulas permitió identificar seis poblaciones que desarrollaron un mayor número de macollos, número y longitud de hojas.

Posteriormente se trasplantaron 1200 plantas a campo (20 poblaciones, 60 plantas por población, 3 bloques de 20 plantas dispuestos al azar). Para este ensayo se establecieron cuatro objetivos y se realizaron diferentes tipos de

mediciones: 1) caracteres morfológicos (45 plantas por población, cada 30 días), 2) producción de macollos (15 plantas por población, cada 30 días entre diciembre y marzo), 3) fenología reproductiva (30 plantas por población, cada 3 días entre octubre y diciembre) y 4) producción de biomasa (15 plantas por población, cortes cada 60 días entre octubre y marzo). Las mediciones se realizaron durante los 2 primeros años (2020 - 2022) y actualmente estamos procesando el material y analizando los resultados. Hasta el momento contamos con los resultados de producción de macollos, en el cual se identificaron cuatro poblaciones que se destacaron significativamente por tener una mayor producción de macollos durante el periodo estival, tres de ellas procedente

de Chubut y una de Neuquén. Esta última, también se destacó en el análisis del número medio de macollos totales (Angeli *et al.* 2020, 2021).

Calidad forrajera

La calidad forrajera generalmente presenta una gran variación a lo largo de las distintas etapas fenológicas del ciclo reproductivo de una especie. Estas diferencias se deben a la variabilidad en las condiciones ambientales (suelo-clima), a las diferencias genéticas entre plantas y al manejo de los pastizales (riego-fertilización-pastoreo) (Bonvissuto y Somlo 1994). Con el fin de analizar la calidad forrajera de las distintas poblaciones preseleccionadas hemos avanzado en su análisis mediante espectrometría de infrarrojo cercano (NIRS, INTA EEA Anguil) y se validó un subconjunto de esas muestras mediante las técnicas tradicionales de laboratorio.

A partir del ensayo de 20 poblaciones de Trevelin se tomaron muestras de biomasa aérea de 5 a 8 individuos por población (20 poblaciones) en cuatro estadios fenológicos: encañazón (E), diseminación (D: post llenado de semillas/dispersión), vegetativo-otoño (VO) y vegetativo-primavera (VP). Hasta el momento contamos con los resultados del estadio VP (Tabla 1); los demás estadios aún se encuentran en proceso de análisis. Las variables evaluadas fueron: cantidad de materia seca por planta (MS), proteína bruta base seca (PB bs), fibra detergente neutro base seca (FDN bs), fibra detergente ácido base seca (FDA bs), digestibilidad estimada de la materia seca (DEMS), energía metabolizable (EM) y ceniza base seca (CEN bs). En este ensayo se observaron diferencias significativas ($p < 0,001$) entre las poblaciones para todas las variables analizadas (Tabla 1).

Con el fin de evaluar si existe variación en la calidad forrajera de la especie a lo largo de las distintas etapas fenológicas, se tomaron muestras de 10 poblaciones (160 muestras del ensayo en Bariloche) en los cuatro estadios fenológicos (E, D, VO y VP). Los resultados registraron diferencias significativas entre estadios fenológicos (Tabla 2). En segunda instancia, comparamos la variación de la calidad forrajera en las poblaciones compartidas entre el ensayo de 10 poblaciones de la EEA Bariloche y el de 20 poblaciones de Trevelin sólo en el estadio VP. Siete de las poblaciones son compartidas entre ambos ensayos (Tablas 1 y 2). En la comparación entre los dos sitios de las poblaciones comunes a ambos ensayos (estadio VP) se encontraron diferencias significativas en PB bs, FDN bs, FDA bs, DEMS y EM ($p < 0,05$); con una media mayor para las variables PB bs, DEMS y EM en el ensayo de Trevelin y una media mayor para FDN bs y FDA bs en Bariloche (ver Tablas 1 y 2).

Estos datos reportados representan los primeros valores de calidad nutricional para las poblaciones de *F. pallescens* estudiadas en el programa de mejoramiento genético. En Trevelin, se observó variabilidad en la calidad nutricional entre poblaciones (para el estadio fenológico VP). La variabilidad observada nos permitirá seleccionar genotipos de mayor calidad nutricional. Por otra parte, las diferencias observadas en los diferentes ambientes (para PIA, PIB, JAA,

JAB, CRN, APE y EPU) podrían indicar cierto grado de plasticidad de la especie en cuanto a su calidad nutricional.

Desarrollos tecnológicos

Domesticar una especie nativa para lograr su cultivo requiere también generar conocimientos sobre cómo producir las plantas, cómo plantar, cómo instalarla en sistemas productivos, cuál es su capacidad de germinar e instalarse en condiciones naturales. Presentamos aquí los avances tendientes a promover el uso de esta especie en sistemas productivos y en restauración de pastizales naturales.

Colecta y manejo de semillas y producción de plantas

La especie *F. pallescens* presenta un fruto de tipo cariopse (al que comúnmente se lo denomina semilla) de color blanco cremoso, con ápice piloso e hilo linear aproximadamente $\frac{3}{4}$ de su largo (Correa 1978). El peso de 1000 semillas (P_{1000}) varía de 0,76 a 2,6 g asociado con las características del sitio (Nagahama *et al.* 2016; López *et al.* 2021), con valores de poder germinativo entre 46 y 90% al día 24 del inicio de la germinación, con un tiempo de emergencia del 50% de 31 días y del 100% de 51 días (Angeli *et al.* 2020). La colecta de semillas en la región se realiza durante los meses de diciembre a febrero, dependiendo de las condiciones ambientales durante la temporada de producción. La fecha de cosecha debe ajustarse con precisión de manera de evitar la caída de las semillas, que, al ser livianas, son dispersadas rápidamente por el viento. Para la cosecha manual se extraen las semillas o las espiguillas de las cañas, para luego hacer la trilla en laboratorio. Las semillas se conservan en heladera (temperatura 4-8°C), en bolsas de papel madera o recipientes plásticos. En general y dado que se almacenan en frío, no demandan de tratamiento pre-germinativo, aunque existen experiencias de tratamiento frío-húmedo de 7 días a temperatura de 4 °C con buenos resultados (Nagahama *et al.* 2016).

En la región patagónica, se pueden realizar dos tipos de siembras al año, en otoño y primavera, ya sea a campo o bajo condiciones ambientales controladas (invernáculo). A escala de ensayo se realizó siembra directa manual en surco en parcelas demostrativas (ver sección *Parcelas demostrativas en sistemas productivos en valles irrigados*). Los altos valores de poder germinativo que caracterizan a la especie, permiten su siembra directa en maceta individual. En ese caso, se siembran 1 o 2 semillas por envase, realizándose un raleo o repique posterior a los 20 días desde la emergencia de la planta. Se han logrado buenos resultados utilizando tubetes de bandeja multicelda con capacidad de 265 cm³ (López com. pers.), con sustrato conformado por una mezcla de arena, turba y tierra negra, en una relación 2:1:1 o arena volcánica y turba en una relación 3:1. Las plantas se pueden mantener en este tipo de envase por 6 a 8 meses, para luego repicarlas a maceta de mayor tamaño o directamente a campo. El trasplante a campo desde los tubetes de bandeja multicelda se realiza con sacabocado de pie (tipo forestal de 300 cc), logrando una plantación por operario de 5-7 plantas/min.

Tabla 1. Estimación de la calidad forrajera en 20 poblaciones de *Festuca. pallescens* (POB) evaluadas en el ensayo de Trevelin (Chubut) para el estadio vegetativo de primavera. Valores medios $\pm$ desvío estándar. PB: proteína bruta, FDN: fibra detergente neutro, FDA: fibra detergente ácido, DEMS: digestibilidad estimada de la materia seca, EM: energía metabolizable y CEN: ceniza. Letras diferentes indican diferencias significativas.

Table 1. Estimation of forage quality in 20 populations of *Festuca pallescens* (POB) evaluated in the Trevelin trial (Chubut) for the Spring Vegetative stage. Mean values $\pm$ standard deviation. PB: protein, FDN: neutral detergent fiber, FDA: acid detergent fiber, DEM: estimated digestibility of dry matter, EM: metabolizable energy, CEN: ash. Different letters indicate significant differences.

POB	PB	FDN	FDA	DEMS	EM	CEN	MS
ACA	11,02 $\pm$ 0,55a	61,83 $\pm$ 0,64def	39,29 $\pm$ 0,44h	58,29 $\pm$ 0,34a	2,1 $\pm$ 0,01a	8,13 $\pm$ 0,19defg	12,27 $\pm$ 0,06f
MON	12,49 $\pm$ 0,65ab	61,07 $\pm$ 0,75bcdef	36,61 $\pm$ 0,52cdefg	60,38 $\pm$ 0,41bcdefg	2,18 $\pm$ 0,01bcdefg	7,22 $\pm$ 0,22abc	19,08 $\pm$ 0,07j
CLB	13,08 $\pm$ 0,55abc	60,75 $\pm$ 0,64bcdef	37,91 $\pm$ 0,44efgh	59,37 $\pm$ 0,34abcde	2,14 $\pm$ 0,01abcde	8,56 $\pm$ 0,19efg	21,73 $\pm$ 0,06l
CRO	13,28 $\pm$ 0,51abc	60,03 $\pm$ 0,60bcdef	38,16 $\pm$ 0,41efgh	59,17 $\pm$ 0,32abcd	2,13 $\pm$ 0,01abcd	8,5 $\pm$ 0,18efg	21,81 $\pm$ 0,06l
PIB	13,66 $\pm$ 0,55abc	61,80 $\pm$ 0,64def	38,76 $\pm$ 0,44gh	58,71 $\pm$ 0,34ab	2,12 $\pm$ 0,01ab	8,81 $\pm$ 0,19g	16,06 $\pm$ 0,06i
HUI	13,69 $\pm$ 0,59abc	53,15 $\pm$ 0,69a	33,47 $\pm$ 0,48ab	62,82 $\pm$ 0,37hi	2,27 $\pm$ 0,01hi	7,69 $\pm$ 0,2bcd	25,63 $\pm$ 0,07m
RMV	13,73 $\pm$ 0,55abc	57,92 $\pm$ 0,64b	36,12 $\pm$ 0,44cdef	60,76 $\pm$ 0,34cdefg	2,19 $\pm$ 0,01cdefg	7,8 $\pm$ 0,19cde	13,72 $\pm$ 0,06g
APE	13,81 $\pm$ 0,55abc	62,10 $\pm$ 0,64ef	37,71 $\pm$ 0,44defgh	59,52 $\pm$ 0,34abcdef	2,15 $\pm$ 0,01abcdef	7,13 $\pm$ 0,19abc	13,89 $\pm$ 0,06g
PIA	13,82 $\pm$ 0,55abc	63,07 $\pm$ 0,64f	38,70 $\pm$ 0,44gh	58,75 $\pm$ 0,34ab	2,12 $\pm$ 0,01ab	8,16 $\pm$ 0,19defg	18,92 $\pm$ 0,06j
LBA	13,96 $\pm$ 0,65abc	61,59 $\pm$ 0,75cdef	38,53 $\pm$ 0,52fgh	58,89 $\pm$ 0,41abc	2,12 $\pm$ 0,01abc	8,7 $\pm$ 0,22fg	10,95 $\pm$ 0,07e
GAK	14,01 $\pm$ 0,59abc	60,01 $\pm$ 0,69bcdef	36,01 $\pm$ 0,48cde	60,85 $\pm$ 0,37defg	2,2 $\pm$ 0,01defg	8,23 $\pm$ 0,2defg	12,48 $\pm$ 0,07f
RPI	14,69 $\pm$ 0,55bc	60,61 $\pm$ 0,64bcdef	36,13 $\pm$ 0,44cdef	60,76 $\pm$ 0,34cdefg	2,19 $\pm$ 0,01cdefg	7,49 $\pm$ 0,19abcd	20,4 $\pm$ 0,06k
FON	14,77 $\pm$ 0,65bc	60,19 $\pm$ 0,75bcdef	36,71 $\pm$ 0,52cdefg	60,31 $\pm$ 0,41bcdefg	2,18 $\pm$ 0,01bcdefg	7,51 $\pm$ 0,22abcd	8,21 $\pm$ 0,07b
JAA	14,89 $\pm$ 0,59bc	58,56 $\pm$ 0,69bcd	35,04 $\pm$ 0,48abc	61,61 $\pm$ 0,37ghi	2,22 $\pm$ 0,01ghi	6,85 $\pm$ 0,20ab	12,42 $\pm$ 0,07f
JAB	15,09 $\pm$ 0,55bc	59,17 $\pm$ 0,64bcde	35,36 $\pm$ 0,44abcd	61,35 $\pm$ 0,34fghi	2,21 $\pm$ 0,01fghi	7,54 $\pm$ 0,19abcd	14,56 $\pm$ 0,06h
GCO	15,12 $\pm$ 0,59bc	58,21 $\pm$ 0,69bc	34,87 $\pm$ 0,48abc	61,74 $\pm$ 0,37ghi	2,23 $\pm$ 0,01ghi	7,24 $\pm$ 0,2abc	12,42 $\pm$ 0,07f
EPV	15,21 $\pm$ 0,65bc	60,03 $\pm$ 0,75bcdef	35,73 $\pm$ 0,52bcde	61,07 $\pm$ 0,41efgh	2,2 $\pm$ 0,01efgh	7,26 $\pm$ 0,22abc	8,68 $\pm$ 0,07c
CLA	15,64 $\pm$ 0,55c	58,98 $\pm$ 0,64bcde	35,35 $\pm$ 0,44abcd	61,36 $\pm$ 0,34fghi	2,21 $\pm$ 0,01fghi	8,3 $\pm$ 0,19defg	19,2 $\pm$ 0,06j
BLE	15,68 $\pm$ 0,59c	57,94 $\pm$ 0,69b	35,11 $\pm$ 0,48abc	61,55 $\pm$ 0,37ghi	2,22 $\pm$ 0,01ghi	7,84 $\pm$ 0,2cdef	9,57 $\pm$ 0,07d
LCO	15,88 $\pm$ 0,73c	59,24 $\pm$ 0,84bcde	33,13 $\pm$ 0,58a	63,09 $\pm$ 0,45i	2,28 $\pm$ 0,02i	6,47 $\pm$ 0,25a	5,68 $\pm$ 0,08a
P-valor	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001

Tanto con siembra directa a campo como en invernáculo, es recomendable aplicar riegos. A campo, dependiendo el sitio, es recomendable regar hasta el establecimiento de la planta y durante el primer año, en la época estival debido a la alta demanda por evapo-transpiración característica en la región. Los riegos en invernáculo se pueden realizar a través de sistema de riego por micro-aspersión, con una frecuencia de tres riegos semanales, con una duración de 15 minutos cada uno.

Parcelas demostrativas en sistemas productivos en valles irrigados

La instalación de ensayos constituye un paso fundamental en un programa de domesticación dado que permite la evaluación de poblaciones de interés proporcionando un seguimiento a campo y en condiciones de cultivo. El objetivo de la instalación de estas parcelas es establecer ensayos de esta especie nativa fuera de su ambiente natural, para evaluar su potencialidad como especie forrajera a ser incorporada en sistemas productivos de la región. En los valles irrigados de

Patagonia norte, es de interés evaluar la capacidad de la especie para un doble propósito: a) la producción de forraje para uso en sistemas intensivos bajo riego, y b) la producción de semillas de orígenes de interés de esta especie nativa, para ser usada en siembras a campo. Los sitios de instalación de los ensayos fueron Picún Leufú (Neuquén), en el Centro de Capacitación Agropecuaria (CCA, siembra en marzo 2019) y Cinco Saltos (Río Negro), en la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional del Comahue (FACA, siembra en noviembre 2019). La parcela de Picún Leufú tiene una superficie de 18 m² y en ella se sembraron dos orígenes de Río Negro, bajo sistema de riego por goteo, mientras que en la parcela de Cinco saltos se sembraron cuatro orígenes, los mismos dos de Río Negro y dos de Chubut en 42 m², bajo un sistema de riego por manto. En ambos sitios, el diseño experimental consta de tres réplicas para cada origen dispuestas en sub-parcelas de 2 m de largo y 1 m de ancho al azar. La siembra se realizó en 2019 de forma directa con riego sólo el primer año, y en el 2021 realizamos cortes de biomasa

Tabla 2. Estimación de la calidad forrajera de 10 poblaciones de *Festuca pallescens* (POB) en el ensayo de Bariloche para los diferentes estadios fenológicos. PB, Proteína bruta. FDN, Fibra detergente neutro. FDA, Fibra detergente ácido. DEM, Digestibilidad estimada de materia seca. EM, Energía metabolizable. CEN, Ceniza.

Table 2. Estimation of the forage quality of 10 populations of *Festuca pallescens* (POB) in the Bariloche trial for different phenological stages analysed. PB: protein, FDN: neutral detergent fiber, FDA: acid detergent fiber, DEM: estimated digestibility of dry matter, EM: metabolizable energy, CEN: ash.

POB	Encañazon (Noviembre 2020)						Diseminación (Febrero 2021)						Vegetativo-otoño (Abril 2021)						Vegetativo-primaveral (Septiembre 2021)					
	PB	FDN	FDA	DEMS	EM	CEN	PB	FDN	FDA	DEMS	EM	CEN	PB	FDN	FDA	DEMS	EM	CEN	PB	FDN	FDA	DEMS	EM	CEN
PIA	5,20	71,80	46,73	52,50	1,89	9,08	5,60	71,68	46,67	52,55	1,90	8,77	6,19	71,62	45,13	53,75	1,94	8,10	8,25	72,09	43,82	54,76	1,98	7,83
PIB	4,67	75,00	49,65	50,22	1,81	9,59	5,94	68,24	43,36	55,12	1,99	8,70	6,22	71,27	44,86	53,95	1,95	8,51	9,61	67,07	40,59	57,28	2,07	7,68
JAA	5,01	73,59	48,92	50,79	1,83	10,12	5,71	71,59	47,48	51,92	1,87	9,38	6,11	73,43	47,94	51,55	1,86	9,81	8,66	71,26	44,75	54,04	1,95	8,91
JAB	4,20	74,60	47,89	51,59	1,86	9,22	5,41	72,92	47,94	51,56	1,86	9,19	7,48	71,39	46,13	52,97	1,91	9,25	7,35	71,68	46,39	52,77	1,90	9,34
CRO	4,09	76,26	49,72	50,17	1,81	9,73	6,01	73,01	48,67	50,99	1,84	10,39	5,57	73,12	47,06	52,24	1,88	9,31	9,40	70,52	43,77	54,80	1,98	8,48
YAG	3,46	77,11	50,99	49,18	1,77	9,45	4,37	74,02	49,12	50,64	1,83	9,10	4,57	74,79	48,42	51,18	1,85	8,42	8,51	69,82	43,86	54,74	1,97	8,49
APE	3,68	78,29	50,69	49,41	1,78	8,65	4,69	77,57	51,23	48,99	1,77	8,30	5,15	75,30	48,64	51,01	1,84	8,65	9,42	70,58	43,06	55,36	2,00	7,05
LCH	4,76	75,68	48,35	51,23	1,85	8,78	3,94	76,09	49,43	50,39	1,82	7,69	4,36	75,48	47,30	52,05	1,88	7,32	9,44	69,01	41,85	56,30	2,03	7,13
AER	4,08	77,87	50,17	49,82	1,80	8,79	5,09	74,14	47,97	51,53	1,86	7,93	3,84	77,95	49,88	50,04	1,81	8,36	9,66	70,69	42,28	55,97	2,02	6,89
EPU	3,59	76,02	50,50	49,56	1,79	9,04	4,15	74,51	48,23	51,33	1,85	7,65	3,87	74,67	47,92	51,57	1,86	7,82	7,48	72,33	45,62	53,36	1,93	8,16
Media	4,27	75,62	49,36	50,45	1,82	9,25	5,09	73,38	48,01	51,50	1,86	8,71	5,34	73,90	47,33	52,03	1,88	8,56	8,78	70,51	43,60	54,94	1,98	8,00
± DE	±0,28 ^a ±0,66 ^b ±0,54 ^b ±0,42 ^a ±0,02 ^a ±0,23 ^a	±0,28 ^a ±0,66 ^b ±0,54 ^b ±0,42 ^a ±0,02 ^a ±0,23 ^a	±0,28 ^a ±0,66 ^b ±0,54 ^b ±0,42 ^a ±0,02 ^a ±0,23 ^a	±0,28 ^a ±0,66 ^b ±0,54 ^b ±0,42 ^a ±0,02 ^a ±0,23 ^a	±0,28 ^a ±0,66 ^b ±0,54 ^b ±0,42 ^a ±0,02 ^a ±0,23 ^a	±0,28 ^a ±0,66 ^b ±0,54 ^b ±0,42 ^a ±0,02 ^a ±0,23 ^a	±0,28 ^a ±0,66 ^b ±0,54 ^b ±0,42 ^a ±0,02 ^a ±0,23 ^a	±0,28 ^a ±0,66 ^b ±0,54 ^b ±0,42 ^a ±0,02 ^a ±0,23 ^a	±0,28 ^a ±0,66 ^b ±0,54 ^b ±0,42 ^a ±0,02 ^a ±0,23 ^a	±0,28 ^a ±0,66 ^b ±0,54 ^b ±0,42 ^a ±0,02 ^a ±0,23 ^a	±0,28 ^a ±0,66 ^b ±0,54 ^b ±0,42 ^a ±0,02 ^a ±0,23 ^a	±0,28 ^a ±0,66 ^b ±0,54 ^b ±0,42 ^a ±0,02 ^a ±0,23 ^a	±0,28 ^a ±0,66 ^b ±0,54 ^b ±0,42 ^a ±0,02 ^a ±0,23 ^a	±0,28 ^a ±0,66 ^b ±0,54 ^b ±0,42 ^a ±0,02 ^a ±0,23 ^a	±0,28 ^a ±0,66 ^b ±0,54 ^b ±0,42 ^a ±0,02 ^a ±0,23 ^a	±0,28 ^a ±0,66 ^b ±0,54 ^b ±0,42 ^a ±0,02 ^a ±0,23 ^a	±0,28 ^a ±0,66 ^b ±0,54 ^b ±0,42 ^a ±0,02 ^a ±0,23 ^a	±0,28 ^a ±0,66 ^b ±0,54 ^b ±0,42 ^a ±0,02 ^a ±0,23 ^a	±0,28 ^a ±0,66 ^b ±0,54 ^b ±0,42 ^a ±0,02 ^a ±0,23 ^a	±0,28 ^a ±0,66 ^b ±0,54 ^b ±0,42 ^a ±0,02 ^a ±0,23 ^a	±0,28 ^a ±0,66 ^b ±0,54 ^b ±0,42 ^a ±0,02 ^a ±0,23 ^a	±0,28 ^a ±0,66 ^b ±0,54 ^b ±0,42 ^a ±0,02 ^a ±0,23 ^a	±0,28 ^a ±0,66 ^b ±0,54 ^b ±0,42 ^a ±0,02 ^a ±0,23 ^a	±0,28 ^a ±0,66 ^b ±0,54 ^b ±0,42 ^a ±0,02 ^a ±0,23 ^a

para evaluar la producción de materia seca y de cañas florales.

Los orígenes evaluados de la especie lograron establecerse y en algunos casos llegaron a producir cañas florales. Se obtuvo un promedio de 2656,16 ± 1410,50 Kg MS/ha en dos años a nivel de especie en Picún Leufú, y 3422,83 ± 1570,55 Kg MS/ha en Cinco Saltos (López *et al.* 2022). Los resultados son auspiciosos ya que una estepa pobre dominada por *F. pallescens* llega a producir de 250-500 hasta 1600-1800Kg MS/ha en un año (Bonvissuto *et al.* 2008). Por otra parte, aunque la productividad fue mayor, el análisis de la calidad forrajera para los orígenes sembrados en Picún Leufú indicó que el porcentaje de proteína bruta promedio fue 9,2% mientras que, en Cinco Saltos, el promedio fue de 6,71%. El valor de la energía metabolizable fue de aproximadamente 2 (Mcal/kg) en ambos sitios. Debido a que las siembras se realizaron en distintos momentos del año (otoño en Picún Leufú y primavera en Cinco Saltos) y se les aplicaron distintas prácticas culturales, los resultados no son comparables entre sí, pero nos brindan información valiosa de la potencialidad de la especie en términos de productividad y la calidad forrajera en sistemas productivos fuera de rango de distribución natural (López *et al.* 2022).

Desarrollo de semillas inteligentes

Uno de los desafíos más importantes a la hora de llevar al cultivo a campo una especie en zonas áridas y en condiciones naturales es lograr que la plántula se establezca y sobreviva el primer año, ya que en este estadio la planta es muy susceptible al estrés hídrico que ocurre durante el verano en la Patagonia. Con el fin de desarrollar semillas que resulten en una plántula con la capacidad de sortear este momento

estresante, estamos realizando ensayos a campo y en invernáculo de siembra de semillas tratadas de distinta manera: a) semilla sin tratar (control); b) semilla pelletizada (tratada con una tecnología de recubrimiento de semillas que incorpora biofertilizantes, micronutrientes, terápicas y otros materiales que mejoran la textura de la semilla); c) semilla con hidrogel para mejorar las condiciones de humedad edáficas (dosis de 2,5g/kg de sustrato a campo y de 2g/kg de sustrato en invernáculo); y d) semilla pelletizada con hidrogel. Para estos ensayos se utilizaron semillas provenientes de una sola población ubicada en el Campo Anexo del INTA en Pilcaniyeu, al oeste de Río Negro (41°03'39,9"S; 70°31'00,8'O; 960msnm).

En mayo de 2022 se instalaron los primeros dos ensayos a campo: uno ubicado en el predio de la Estación Experimental Bariloche, que tiene una media de precipitaciones anuales de 750mm, y uno en el Campo Anexo INTA Pilcaniyeu, que tiene precipitaciones anuales promedio de 264mm. En cada sitio se sembraron un total de 1200 semillas; 300 correspondientes a cada tratamiento, siguiendo un diseño de bloques totalmente aleatorios. Semanalmente se registran la emergencia y la mortandad de plántulas. Luego, se evaluará la supervivencia de plántulas al final del verano, y también al año siguiente, así como la biomasa aérea en estos dos momentos. Este ensayo se replicó en primavera.

Para los ensayos en invernáculo, se sembraron 1200 semillas (300 de cada tratamiento) en macetas plásticas de 10cm de diámetro. Se utilizó sustrato natural del predio de la estación experimental Bariloche y las macetas se colocaron siguiendo un diseño totalmente aleatorio. Se realizó un riego inicial a capacidad de campo, seguido por cuatro pulsos de riego de 5mm cada 20 días, simulando lluvias esporádicas.

Dos veces por semana se registran la emergencia y la mortandad de plántulas. A los 50 y a los 100 días se registrará la supervivencia de plántulas y el macollaje. Al finalizar el ensayo se medirán la biomasa total, aérea y radicular, y se estudiará la arquitectura radicular. Los resultados de este trabajo nos permitirán elaborar un protocolo de siembra a campo para su uso en pastizales degradados por pastoreo o altamente susceptibles a la degradación. La finalidad es contribuir a incrementar la productividad de los pastizales, mitigar su degradación y promover su restauración.

Conclusiones

Festuca pallescens (coirón blanco) demuestra ser una especie con muchas cualidades para ser domesticada y potencialmente utilizada en los sistemas agroecológicos de la Patagonia, teniendo en cuenta su gran variación genética, buen porcentaje de germinación, abundante producción de semillas y forraje, tolerancia a estrés hídrico. La calidad forrajera es promisoría, especialmente considerando el ambiente árido y semiárido en el que se desarrolla, en el cual la oferta forrajera es escasa. La variabilidad entre poblaciones y ambientes en los distintos caracteres evaluados nos permiten avanzar en la selección de genotipos. Esta selección

tendrá distintos objetivos según el ambiente, priorizando la productividad de forraje en ambientes óptimos o bajo riego, la tolerancia a estrés en ambientes áridos y semiáridos degradados, la calidad forrajera en sistemas productivos (Figura 4). La domesticación de especies nativas que naturalmente están adaptadas a su ambiente, se vislumbra como una alternativa productiva amigable con el ambiente.

Agradecimientos

Queremos agradecer la invaluable colaboración de la red de agencias de extensión del INTA en la Patagonia que ayudaron en la recolección de semillas para los estudios que actualmente tenemos en curso. Muchas personas han colaborado o continúan haciéndolo en distintas actividades, nuestro agradecimiento a A. Andrés, G. Oliva, C. Fariña, F. Umaña, F. Jaque, A. Zuñiga, M. Huentú, E. Pizzio, S. Olarte, F. Garabito, J.M. Garramuño, F. Reyes, J. P. Mikuc, J.I. Gazzotti, A. Bünzli, V. Caballero, M.L. Villar, L. Pueblas, A. Moggi, W. Opazo, C. Caruso, M. Cursio, J. Guajardo, R. Pryce. Los estudios se financiaron con fondos de los siguientes proyectos: PICT 2012-1392; PICT-2017-2379; PICT-2019-520; PICT-2021-Cat I-119; PIP 11220200103008CO; PN 1126072 (INTA); PE (INTA) I142.



Figura 4. Síntesis de los criterios de selección más relevantes a utilizar según cada tipo de objetivo y ambientes en los que podrán utilizarse los genotipos seleccionados de *Festuca pallescens*.

Figure 4. Synthesis of the most relevant selection criteria to be used for each type of objective and environments in which the selected genotypes of *Festuca pallescens* can potentially be used.

Bibliografía

- Angeli J, Ugarte C, Marchelli P, Nagahama N (2020) Variabilidad germinativa de diferentes poblaciones de *Festuca pallescens*: primeros pasos en la domesticación de una forrajera nativa patagónica. *Journal of Basic and Applied Genetics* **31** Suppl. 1, 136.
- Angeli JP, Ugarte C, Marchelli P, Nagahama N (2021) Dinámica de macollaje en genotipos de diferentes poblaciones de *Festuca pallescens* en un ensayo de ambiente común. XXXVIII Jornadas Argentinas de Botánica. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* **56**, 236.
- Bertiller MB, Defossé GE (1990) Grazing and plant growth interactions in a semiarid *Festuca pallescens* grassland (Patagonia). *Journal of Range Management* **43**, 300-303.
- Bertiller MB, Irisarri MP, Ares JO (1990) Phenology of *Festuca pallescens* in relation to topography in north-western Patagonia. *Journal of Vegetation Science* **1**, 579-584.
- Bertiller MB, Elissalde NO, Rostagno CM, Defossé GE (1995) Environmental patterns and plant distribution along a precipitation gradient in western Patagonia. *Journal of Arid Environments* **29**, 85-97.
- Bertiller MB, Ares JO, Bisigato AJ (2002) Multiscale indicators of land degradation in the Patagonian Monte, Argentina. *Environmental Management* **30**, 704-715.
- Bisigato AJ, Bertiller MB, Ares JO, Pazos GE (2005) Effect of grazing on plant patterns in arid ecosystems of Patagonian Monte. *Ecography* **28**, 561-572.
- Bonvissuto G, Somlo R (1994) Siembra de pasturas en Patagonia: Pasado, presente y futuro. Proyecto de prevención y control de la Patagonia. Centro Regional Patagonia Norte. INTA-EEA Bariloche, Argentina.
- Bonvissuto G, Somlo R, Lanciotti M, Carreau A, Busso C (2008) Guías de condición para pastizales naturales de la Pre-Cordillera, Sierras y Mesetas y Monte Austral de Patagonia. Centro Regional Patagonia Norte, EEA Bariloche. (INTA Ediciones: Buenos Aires).
- Bran D, López C, Marcolin A, Ayesa J, Barrios D (1998) Valles y mallines de la Comarca de Ingeniero Jacobacci (Río Negro). Distribución y tipificación utilitaria. Laboratorio de Teledetección SIG. INTA, EEA Bariloche. Río Negro, Argentina. Buenos Aires. 10, 4, 323-347.
- Coronato F, Bertiller MB (1997) Climatic controls of soil moisture dynamics in an arid steppe of northern Patagonia, Argentina. *Arid Land Research and Management* **11**, 277-288.
- Correa M (1978) Flora patagónica. Colección Científica del INTA, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Buenos Aires.
- Cuadra D, Oliva G (1994) Ambientes naturales de la Provincia de Santa Cruz. Revista Espacios. Universidad Nacional de la Patagonia Austral. UARG
- Defossé G, Robberecht R, Bertiller MB (1997) Seedling dynamics of *Festuca* spp. in a grassland of Patagonia, Argentina, as affected by competition, microsites, and grazing. *Journal of Range Management* **50**, 73-79.
- Dubcovsky J, Martínez A (1987) Cariotipos y comportamiento meoítico de *Festuca pallescens* (Poaceae). *Darwiniana* **28**, 153-161.
- Dubcovsky J, Martínez AJ (1991) Chromosome complement and nucleoli in the *Festuca pallescens* alliance from South America. *Canadian Journal of Botany* **69**, 2756-2761.
- Eckert C, Samis K, Lougheed S (2008) Genetic variation across species geographical ranges: the central marginal hypothesis and beyond. *Molecular Ecology* **17**, 1188-1770.
- Fernández O, Busso C (1999) Arid and semiarid rangelands: two thirds of Argentina. In 'Case studies of rangeland desertification'. (Eds. O Arnalds, S Archer) pp. 39-60. Proceedings from an international workshop in Iceland. Agricultural Research Institute, Reykjavik, Iceland.
- Godagnone R, Bran D (2009) Inventario integrado de los recursos naturales de la provincia de Río Negro: geología, hidrogeología, geomorfología, suelos, clima, vegetación y fauna. (INTA Ediciones: Buenos Aires).
- Guidalevich V, Azpilicueta MM, López AS, Marchelli P (2021a) Intra-specific phylogeny of the native Patagonian grass *Festuca pallescens*. Pp 138. Proceedings of the I Meeting of Systematics, Biogeography, and Evolution (SBE).
- Guidalevich V, Azpilicueta M, López AS, Aparicio A, Marchelli P (2021b) Variación genética en el crecimiento de *Festuca pallescens*. XXIX Reunión Argentina de Ecología, Agosto 2021.
- Guidalevich V, Giana F, López AS, Martín-Albarracín VL, Azpilicueta MM, Marchelli P (2022) Diferencias fenológicas en poblaciones seleccionadas de *Festuca pallescens*, pastura nativa Patagónica. *Revista Argentina de Producción Animal* **42** Supl. 1, 124.
- Kawecki TJ, Ebert D (2004) Conceptual issues in local adaptation. *Ecology Letters* **7**, 1225-1241.
- León RJC, Bran D, Collantes M, Paruelo JM, Soriano A (1998) Grandes unidades de vegetación de la Patagonia extra andina. *Ecología Austral* **8**, 125-144.
- López AS, Azpilicueta MM, López DR, Siffredi GL, Marchelli P (2018) Phylogenetic relationships and intraspecific diversity of a North Patagonian Fescue: evidence of differentiation and interspecific introgression at peripheral populations. *Folia Geobotanica* **53**, 115-131.
- López AS, Marchelli P, Batlla D, López DR, Arana MV (2019) Seed responses to temperature indicate different germination strategies among *Festuca pallescens* populations from semi-arid environments in North Patagonia. *Agricultural and Forest Meteorology* **272-273**, 81-90.
- López AS, López DR, Caballé G, Siffredi GL, Marchelli P (2020) Local adaptation along a sharp rainfall gradient occurs in a native Patagonian grass, *Festuca pallescens*, regardless of extensive gene flow. *Environmental and Experimental Botany* **171**, 103933.
- López AS, López DR, Arana MV, Batlla D, Marchelli P (2021) Germination response to water availability in populations of *Festuca pallescens* along a Patagonian rainfall gradient based on hydrotime model parameters. *Scientific Reports* **11**, 10653.

- López AS, Guidalevich V, Azpilicueta MM, Martín-Albarracín V, Easdale M, Pizzio E, Reyes F, Garabito F, Marchelli P (2022) Evaluación del rendimiento de poblaciones pre-seleccionadas de *Festuca pallescens* en valles irrigados. *Revista Argentina de Producción Animal* **42** Supl. 1, 123.
- López AS, López DR, Caballé G, Edwards P, Marchelli P. Do populations of *Festuca pallescens* from a rainfall gradient differ in the expression of morpho-physiological traits under drought stress? *Environmental and Experimental Botany* (en prensa).
- López C, Gaitán J, Ayesa J, Siffredi G, Bran D (2005) Evolución y Clasificación de Valles y Mallines. Sudoeste de Río Negro. Comunicación Técnica 97. Área de Recursos Naturales, Relevamiento Integrado. (INTA Ediciones. Buenos Aires).
- Méndez Casariego H et al. (2005) Programa Nacional de Ecorregiones. La región Patagonia: Centros Regionales Patagonia Norte y Patagonia Sur. EEA Bariloche, INTA, Argentina.
- Nagahama N, García Martínez G, Buduba C, Opazo W, Caruso C, Ciari G (2016) Variabilidad germinativa en semillas de diferentes poblaciones de cuatro especies de gramíneas nativas de Patagonia: Un estudio de caso en el noroeste de Chubut. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* **51**, 89-98.
- O'Regain (1993) Plant structure and acceptability of different grasses to sheep. *Journal of Range Management* **19**, 26-29.
- Oliva G, dos Santos E, Sofía O, Umaña F, Massara V, García Martínez G, Caruso C, Carriac G, Echevarría D, Fantozzi A, Butti L, Bran D, Gaitán J, Ferrante D, Paredes P, Domínguez E, Maestre FT (2020) The MARAS dataset, vegetation and soil characteristics of dryland rangelands across Patagonia. *Scientific Data* **7**, 1-14.
- Pelliza-Sbriller A, Bonino N, Bonvissuto G (1984) Composición botánica de la dieta de herbívoros silvestres y domésticos en el área de Pilcaniyeu (Río Negro). *IDIA* **429**, 63-73.
- Siffredi G, Boggio F, Giorgetti H, Ayesa J, Kropfl A, Alvarez J (2011) Guía para la evaluación de pastizales para las áreas ecológicas de Sierras y Mesetas Occidentales y de Monte de Patagonia Norte. (INTA Ediciones; Buenos Aires).
- Somlo R, Durañona C, Ortiz R (1985) Valor nutritivo de especies forrajeras patagónicas. *Revista Argentina de Producción Animal* **5**, 589-605.
- Soriano A (1956) Los distritos florísticos de la Provincia Patagónica. *Revista Argentina de Investigaciones Agrícolas* **10**, 323-347.
- Soriano A, Sala OE, Perelman SB (1994) Patch structure and dynamics in a Patagonian arid steppe. *Plant Ecology* **111**, 127-135.
- Villagra S (2005) 'Diversificación ¿una alternativa para el desarrollo sustentable de los sistemas de pequeños productores en Patagonia Norte?'. Tesis Doctoral, Universität Göttingen, Alemania