

## Variabilidad en caracteres vinculados a la implantación en poblaciones espontáneas de *Stapfochloa berroi* (Arechav.) P. M. Peterson de la Pampa Deprimida

NICOLÁS PORTO<sup>1,2,✉</sup>; NAHUEL A. ANDRADE<sup>2</sup>; LISANDRO J. ENTIO<sup>2</sup>; MARÍA I. LISSARRAGUE<sup>2</sup>; RODOLFO BEZUS<sup>2</sup> & RODRIGO ALTAMIRANO<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Becario Doctoral de la Universidad Nacional de La Plata, Argentina. <sup>2</sup> Introducción al Mejoramiento Genético, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata, Argentina. <sup>3</sup> Cálculo Estadístico y Biometría, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata, Argentina.

**RESUMEN.** *Stapfochloa berroi* es una gramínea perenne de crecimiento primavera-verano, nativa de Sudamérica, que en la Pampa Deprimida (Buenos Aires, Argentina) es clave por su valor forrajero y adaptación a ambientes que son restrictivos para otras especies forrajeras (e.g., suelos sódicos, bajo contenido de materia orgánica, anegamiento, sequía). Reincorporar germoplasma nativo seleccionado sería importante para aumentar la productividad ganadera y para mantener o recuperar la biodiversidad en estos agroecosistemas. El objetivo fue analizar la variabilidad en caracteres determinantes y componentes del éxito de la implantación en dos poblaciones espontáneas de *S. berroi* provenientes de estepas de halófitas de la Pampa Deprimida. Se evaluó la germinación y se registró el peso individual de semillas de ambas poblaciones. Luego, se sembraron semillas, con su peso individual identificado, en bandejas plantineras con sustrato limitante (i.e., suelo de bajo alcalino) y sin limitantes (i.e., suelo de horizonte A de un Argiudol típico), en invernáculo. Durante 30 días se evaluó la emergencia. A los 54 días, en cada individuo se determinó la altura, la longitud de la raíz adventicia más larga y la total, el número de raíces adventicias, el de hojas verdes desplegadas y el de macollas. Se calculó el porcentaje de germinación y emergencia acumulada, un índice de velocidad de emergencia, y se determinó peso seco aéreo, radical y total. La variabilidad encontrada en caracteres clave para la implantación entre poblaciones de *S. berroi* (e.g., germinación, emergencia) —y, sobre todo, dentro de las poblaciones (e.g., biomasa seca aérea, radical, total)— sería promisoriosa en una fase inicial de selección.

[Palabras clave: mejoramiento genético, forrajeras nativas, restauración, pastizales naturales]

**ABSTRACT.** Variability in characters linked to implantation in spontaneous populations of *Stapfochloa berroi* from the Pampa Deprimida. *Stapfochloa berroi* is a spring-summer growing perennial grass, native to South America, which in the Pampa Deprimida (Buenos Aires, Argentina) is a key species due to its forage value and adaptation to environments that are restrictive (sodic soils, low organic matter content, waterlogging, drought) for other forage species. The reincorporation of selected native germplasm would be important both for increasing livestock productivity and for maintaining and/or recovering biodiversity in these agroecosystems. The objective was to analyze the variability in traits linked to the success of implantation in two spontaneous populations of *S. berroi* from the steppes of the halophyte of the Pampa Deprimida. Seed germination was evaluated and individual seed weight was recorded for both populations. Subsequently, seeds with their individual weights identified were sown in seedling trays with limiting substrate (low alkaline soil) and with nonlimiting substrate (horizon A from a typical Argiudol soil) in a greenhouse. The emergency was evaluated for 30 days. After 54 days, for each individual, the following traits were determined: height, total plant length and length of the longest adventitious root, number of adventitious roots, number of unfolded green leaves and number of tillers. The percentage of germination and cumulative emergence and an index of emergence speed were calculated, and aerial, root and total dry weight were determined. The variability found in key traits for establishment between *S. berroi* populations (e.g., germination, emergence), but mainly within populations (e.g., aerial, root and total dry weight) would be promising for an initial selection phase.

[Keywords: plant breeding, forage native species, restoration, natural grasslands]

## INTRODUCCIÓN

La Pampa Deprimida (provincia de Buenos Aires, Argentina) es, en forma general, una depresión muy ancha, asimétrica y muy poco marcada, situada entre la Pampa Ondulada y las Sierras Pampeanas, y drenada por el Río Salado, que ocupa la parte más baja de la misma (Batista et al. 2005). Abarca ~9 millones de hectáreas bonaerenses e incluye a las cuencas de Laprida y del Río Salado (Cid et al. 2011). Topográficamente, se la caracteriza como una extensa llanura con pendientes inferiores a 0.1%, y climáticamente se clasifica como templada, subhúmeda, con temperaturas promedio de 7 °C en invierno y 22 °C en verano, con promedios anuales de 13.8 °C en el sur y 15.9 °C en el norte, y con precipitaciones anuales que varían entre 850 y 1000 mm al sudoeste y noreste, respectivamente (Durante 2006; Semmartin and Oesterheld 2001). Los excesos de lluvias invernales y los déficits estivales, el drenaje lento y el carácter salino-sódico de los suelos determinan que, en gran parte de la Pampa Deprimida, sea frecuente la alternancia de períodos de anegamiento y de sequía (Batista et al. 2005). La vegetación predominante de la región es el pastizal natural, formado por un mosaico de estepas gramíneas y praderas con diferente cobertura y altura de pastos, hierbas y arbustos (Batista et al. 2005). En la escala de paisaje, la heterogeneidad florística está asociada con la heterogeneidad geomorfológica y edafológica. No obstante, los agroecosistemas han reemplazado al pastizal y solo en áreas con impedimentos serios para la agricultura se conservan pastizales seminaturales extensos (León and Burkart 1998).

En la región se identificaron cuatro grandes unidades de vegetación: praderas de mesófitas, praderas húmedas de mesófitas, praderas de hidrófitas y estepas de halófitas (Burkart et al. 2005). Entre los distintos ambientes, la comunidad del bajo alcalino se corresponde con suelos anegadizos por deficiencias en el drenaje y severas condiciones de alcalinidad-salinidad (hidro y halomorfismo). La posición en el paisaje que corresponde a los bajos alcalinos está asociada a la comunidad vegetal 'estepa de halófitas', con poca cobertura vegetal y especies de limitado valor forrajero que, además, requieren un manejo cuidadoso del pastoreo para evitar la degradación (Burkart et al. 2005). En términos generales, los disturbios como el pastoreo alteran la estructura de las comunidades —en particular,

la composición y la diversidad florística—, la disponibilidad de recursos y el ambiente físico. Bajo pastoreo continuo, la comunidad está dominada por *Distichlis scoparia* (Nees ex Kunth) Arechav. y *Distichlis spicata* (L) Green (León et al. 1979), especies forrajeras fibrosas, con baja digestibilidad (Escobar Hernández et al. 2005). Desde el punto de vista forrajero, la estepa de halófitas muestra un crecimiento marcadamente primavero-estival, con una productividad primaria neta aérea de entre 2000 y 2500 kg de materia seca por ha/año (Casal et al. 2018). Por las condiciones físico-químicas de sus suelos, las implantaciones de pasturas con mezclas de especies forrajeras templadas no resultan siempre satisfactorias en términos productivos y económicos (Rossi 2008).

Hasta el presente, los suelos de ambientes sódicos solo se han intentado mejorar con técnicas de elevado costo, como la aplicación de enmiendas químicas (e.g., el enyesado) que, además de no ser fácilmente implementables (pues a menudo requieren de drenaje previo), poseen escasa posibilidad de ser rentables en producciones ganaderas extensivas (Vecchio 2014). De esta manera, se evidencia la necesidad de diseñar estrategias tales como el manejo del pastoreo o la reincorporación de especies nativas/naturalizadas seleccionadas que sean funcionales para mejorar la productividad forrajera de las áreas menos productivas (y con ello la productividad secundaria [kg carne.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup>]) y para mantener o recuperar la biodiversidad en estos agroecosistemas.

En la Argentina, la mejora genética de especies forrajeras nativas/naturalizadas no está muy difundida; no obstante, existen antecedentes en la materia que son destacables. En la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad Nacional de La Plata se aplicó la estrategia de reincorporación de germoplasma seleccionado a través de programas de mejoramiento genético de *Lotus tenuis* Mill (Mujica 2014). Otro ejemplo lo constituye el trabajo realizado por investigadores de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Litoral y de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires, quienes a partir de colecciones de trabajo constituidas por poblaciones espontáneas de *Elymus scabrifolius* (Döll) J. H. Hunz. (agropiro criollo) lograron domesticar la especie (UNL Noticias 2004). También se destaca el trabajo realizado por técnicos del INTA de La Rioja, Catamarca y Pergamino (provincia de Buenos

Aires), quienes lograron domesticar y mejorar genéticamente a la gramínea *Trichloris crinita* (Lag.) Parodi (plumerillo), presente en las provincias fitogeográficas del Monte y Chaqueña (INTA informa 2013).

*Stapfochloa berroi* (Arechav.) P. M. Peterson (*S. berroi*, syn. *Chloris berroi*) es una gramínea perenne de crecimiento primavero-estival y buen valor forrajero, nativa de Sudamérica —sur de Brasil, Uruguay y centro y norte de la Argentina (Anderson 1974; Royal Botanic Gardens, Plant of the World Online 2021)— que se encuentra en pastizales importantes para la producción animal. En la Argentina se la encuentra en los pastizales del norte de la Pampa Deprimida y tiene la particularidad de encontrarse casi exclusivamente en los ambientes halomórficos (León et al. 1979). Existen pocos antecedentes en el estudio del mecanismo reproductivo de la especie y los pocos trabajos existentes refieren sus estudios a *Stapfochloa gayana* (sin. *Chloris gayana*) (grama rhodes), que es la especie más conocida del género. Anderson (1974), en su detallado trabajo sobre la taxonomía del género *Chloris* (actualmente *Stapfochloa*), cita diversos estudios realizados sobre grama rhodes que permitirían inferir que *S. berroi* se trata de una especie apomíctica. Debido a su buen valor forrajero y a su adaptación a estos ambientes restrictivos (suelos sódicos, bajo contenido de materia orgánica, anegamiento, sequía) para otras especies forrajeras exóticas, *S. berroi* resulta un recurso clave para la región. Bajo pastoreo rotativo representa un alto porcentaje de la cobertura total de la comunidad de las estepas de halófitas a fines de verano y principios de otoño; por el contrario, bajo pastoreo continuo la densidad y la cobertura de la especie disminuyen significativamente (Ansin et al. 2005; Vecchio et al. 2006, 2019).

Como se mencionó, una estrategia válida para mejorar estos ambientes es el mejoramiento genético de especies forrajeras nativas de la región para reincorporarlas a los pastizales. Según Pistorale et al. (2008), las especies forrajeras nativas o naturalizadas, se encuentran adaptadas a las condiciones específicas del ambiente; Mujica (2010a,b) señala que la mejora genética debería orientarse a lograr la combinación de los efectos de la selección natural en el ambiente local y los de la selección artificial para caracteres de interés agronómicos. Por ello, resulta clave estudiar caracteres vinculados al éxito de la implantación como, por ejemplo,

la germinación, la emergencia de plántulas y el vigor o crecimiento inicial de las plantas. El vigor de planta o plántula (según el estadio en que se la estudie), o crecimiento inicial, se define generalmente por el peso de la misma luego de un período de crecimiento (Smart et al. 2003) en un ambiente determinado (Qualls et al. 1968). Dada la escasez de información disponible sobre *S. berroi* y su importancia como componente de las estepas de halófitas de los bajos alcalinos de la Pampa Deprimida, resulta importante generar conocimiento sobre caracteres clave para su domesticación y la variabilidad que presentan en estos ambientes.

La hipótesis es que existe variabilidad en las poblaciones espontáneas de *S. berroi* estudiadas de la Pampa Deprimida (provincia de Buenos Aires, Argentina), tanto en el peso y la germinación de las semillas como en la emergencia de plántulas y el crecimiento inicial de las plantas evaluadas en sustratos contrastantes. El objetivo de este trabajo fue determinar variabilidad dentro y entre poblaciones para diferentes caracteres vinculados a la implantación de *S. berroi* en dos sustratos con características físico-químicas contrastantes, uno extraído del ambiente de origen de la especie (Natracualf) y el otro obtenido de un ambiente de mejor calidad edáfica (Argiudol típico).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### *Sitios de recolección de las semillas*

Durante la primera y la segunda semana de enero de 2016, se cosecharon semillas maduras de poblaciones espontáneas de *S. berroi* en diferentes estepas de halófitas de la Pampa Deprimida. En el partido de Magdalena (35°16'24.67" S - 57°38'5.14" O) se cosecharon semillas para constituir la población Pm y a partir de semillas recolectadas en el partido de Punta Indio (35°27' S - 57°22' O) se constituyó la población Ppi (Figura 1). Las recolecciones fueron en áreas al azar de 100 m<sup>2</sup>, separadas por un mínimo de 10 km (ENSCONET 2009). Cada área se consideró como una población diferente. Se tomaron en una misma bolsa un mínimo de 50 inflorescencias de 50 individuos diferentes por área (Marshall and Brown 1975). Las inflorescencias, en ambos sitios de recolección, se cosecharon en el estadio fenológico de madurez/desprendimiento de semillas (color amarillo pajizo). Luego de la recolección y hasta el momento del ensayo



**Figura 1.** Mapa de Argentina indicando las áreas donde se recolectaron las semillas de las dos poblaciones (Pm-Magdalena y Ppi-Punta Indio) de *S. berroi*.

**Figure 1.** Map of Argentina indicating the areas where the seeds of the two populations (Pm-Magdalena and Ppi-Punta Indio) of *S. berroi* were collected.

(octubre de 2019), estas semillas estuvieron almacenadas en bolsas de papel madera rotuladas en heladera a 4 °C.

En Magdalena, la precipitación media anual histórica es 1018 mm (1980 a 2016). Durante octubre, noviembre y diciembre —meses en estado reproductivo de *S. berroi* previos a la cosecha en enero del año siguiente—, los promedios mensuales históricos de precipitaciones son 93.4, 103.8 y 90.3 mm, respectivamente (Weatherspark 2016). En Verónica, ciudad cabecera del partido de Punta Indio, la precipitación media anual histórica es 958 mm (1980 a 2016) y los promedios mensuales históricos durante octubre, noviembre y diciembre son 86.7, 98.2 y 84.5 mm, respectivamente (Weatherspark 2016).

#### *Germinación y peso de semillas*

Se realizó una prueba de germinación con semillas de cada población para determinar el porcentaje de germinación acumulada al cabo de 30 días. El diseño experimental fue completamente aleatorizado ( $n=4$ ) y la unidad experimental fue una caja de Petri (9 cm de diámetro) con 50 carióspsides. Las semillas que presionadas con la yema del dedo sobre

una superficie rígida demostraron no ser vanas fueron colocadas con sus envolturas (glumelas: lemma y pálea) sobre papel de filtro humedecido para que germinaran. Luego de 24 h de imbibición, y cada 24 h durante todos los días que duró el ensayo, se registró el número de carióspsides germinadas (radícula  $\geq 3$  mm) y se procuró mantener la humedad en el papel de filtro utilizando piseta con agua corriente. El ensayo finalizó luego de 4 días consecutivos sin germinación (desde el día 17 al 21 desde la imbibición). La temperatura se registró con un termómetro digital modelo ThermoMeter TA318. El rango de temperaturas en el laboratorio durante el desarrollo del estudio fluctuó entre 24.5 °C y 17 °C y las temperaturas medias máximas y mínimas  $\pm$  error estándar fueron 22.5 $\pm$ 0.44 °C y 19.7 $\pm$ 0.44 °C, respectivamente. Por otra parte, se realizó el pesaje de carióspsides individuales (PC) con sus coberturas (lemma y palea) en balanza analítica (Mettler H54AR). Por cada población se pesaron 420 semillas. Cada carióspside pesada se guardó envuelta individualmente en un sobre de papel absorbente rotulado.

#### *Emergencia y crecimiento inicial*

El 8 de octubre de 2019 las semillas (carióspsides con sus envolturas), previamente pesadas individualmente, se sembraron en 14 bandejas plásticas de 30 celdas (15.5 cm altura, 27 cm ancho, 32 cm de largo y un volumen de 160 cm<sup>3</sup> por celda). La mitad de las bandejas (7) contenían sustrato extraído del horizonte A de un suelo Argiudol típico (Sn, no limitante) (pH: 5.66; conductividad eléctrica (CE): 1; relación de adsorción de sodio (RAS): 0.28; contenido de materia orgánica (MO): 3.83%), y la otra mitad contenía sustrato extraído del horizonte superficial de un suelo Natracualf de un bajo alcalino (Sl, con limitantes) (pH: 9.14; CE: 2.83; RAS: 14.39; MO: 2.41%) (Tabla 1). Tanto el Sn como Sl se obtuvieron de sitios neutrales, diferentes a los sitios de recolección de semillas. Ambos sustratos fueron tamizados previo al llenado de las bandejas para eliminar grandes agregados de sustrato y materiales como piedras o palos. La siembra se realizó manualmente a una profundidad de 5 mm a razón de 2 semillas por celda, formando una recta horizontal en el centro de la misma, en la que cada extremo correspondió a una semilla numerada determinada.

Luego de la siembra, las bandejas plantineras se llevaron a invernáculo. La temperatura (°C) y la humedad relativa (%) se registraron

**Tabla 1.** Características físico-químicas de los sustratos utilizados en el ensayo.**Table 1.** Physicochemical characteristics of the substrates used in the test.

Determinación	Unidades	Muestra de Argiudol típico (Sn)	Muestra de Natracualf (Sl)
1 pH (1:2.5)		5.66	9.14
2 C.E.	[dS/m]	1.00	2.83
3 CIC	[cmol/kg]	17.2	21.4
Ca <sup>++</sup> (int)	[cmol/kg]	11.55	8.70
Mg <sup>++</sup> (int)	[cmol/kg]	1.40	2.20
Na <sup>+</sup> (int)	[cmol/kg]	0.37	9.80
K <sup>+</sup> (int)	[cmol/kg]	1.26	2.08
4 PSI	[%]	2.15	45.79
5 Nt	[%]	0.215	0.143
6 P ext	[ppm]	7.3	6.8
7 CO	[%]	2.22	1.40
8 MO	[%]	3.83	2.41
9 RAS		0.28	14.39

1) pH, relación suelo/agua 1:2.5; determinación, potenciométrica. 2) Conductividad eléctrica medida en el extracto de saturación; determinación conductimétrica. 3) Capacidad de intercambio catiónico determinada por el método acetato de amonio 1 N pH 7. 4) Cationes intercambiables; determinación de Ca<sup>++</sup> y Mg<sup>++</sup> por quelatometría con EDTA; Na<sup>+</sup> y K<sup>+</sup> por fotometría de llama. 5) Nitrógeno total, digestión húmeda; evaluación por método Micro-Kjeldahl. 6) Fósforo extractable, método Bray Kurtz N° 1. 7) Carbono fácilmente oxidable, método de Walkley-Black. 8) Materia orgánica, MO(%)=COx1.724. 9) RAS: Relación de adsorción de sodio.

diariamente con un termohigrómetro digital modelo ThermoMeter TA318. El rango de temperaturas en el invernáculo durante el desarrollo del estudio fluctuó entre 41.5 y 11 °C, y las temperaturas medias máximas y mínimas  $\pm$  error estándar fueron 33.1 $\pm$ 0.74 °C y 17.1 $\pm$ 0.48 °C, respectivamente. La humedad relativa fluctuó entre 100% y 22%, y la humedad relativa media máxima y mínima  $\pm$  error estándar fueron 84.2% $\pm$ 1.12 y 43.5% $\pm$ 2.36, respectivamente. El riego de las bandejas se realizó diariamente mediante una piseta con agua corriente (procurando que el volumen de tierra de cada celda estuviera siempre saturado de humedad) hasta que comenzó a salir agua gravitacional por el fondo de la celda. La emergencia de las plántulas comenzó a los tres días a partir de la siembra (i.e., ápice de la primera hoja visible en superficie) y se realizó el primer registro. Luego, cada tres días y durante un mes, se registró el número de plántulas emergidas (día 6, 9, 12, 15, 18, 21, 27 y 30 desde la siembra). El registro de emergencia finalizó luego de 3 días consecutivos sin emergencia de plántulas (desde el día 27 al 30 desde la siembra). Se determinó: 1) el porcentaje de emergencia acumulada (Eac%), y 2) el índice de velocidad de emergencia (IVE). Este último se calculó según la fórmula:

$$\text{IVE} = E1 / T1 + E2 / T2 + \dots + En / Tn$$

Ecuación 1

donde E: plántulas emergidas; T: día de emergencia; n: día del último control de emergencia. La unidad experimental consistió en 10 celdas con 20 cariósides (n=10). Durante el cultivo se fueron eliminando plántulas de especies espontáneas pertenecientes al banco de propágulos de los sustratos. Además, una vez que las plantas alcanzaron el estadio de segunda hoja expandida se realizó un raleo al azar para evitar la interferencia por competencia, procurando dejar una planta por celda.

A los 54 días desde la siembra las plantas se extrajeron de las celdas con su bloque de sustrato y se lavaron con agua corriente en bateas plásticas para eliminar el sustrato adherido. Las plantas lavadas se secaron con papel absorbente, se guardaron individualmente en bolsitas plásticas rotuladas y se conservaron en heladera hasta el momento de la evaluación de los caracteres de planta.

Para cada planta se determinó: altura (A) (medida desde el cuello de la raíz hasta el extremo de la hoja más larga); longitud de la raíz seminal más larga (LR) (medida desde el cuello de la raíz hasta el extremo de dicha raíz seminal); longitud total (LT=A+LR); longitud de la raíz adventicia más larga (Ladv); número de raíces adventicias (n°adv); número de hojas verdes desplegadas (n°hoj) y número de macollas (n°mac). Luego, se

disectó cada planta a la altura del cuello de la raíz, se llevaron a estufa a 60 °C durante 72 h, se determinó el peso seco aéreo (PSA) y el radical (PSR), y se calculó el peso seco total (PST=PSA+PSR). También se calcularon las relaciones PSA/PSR y A/LR.

#### Análisis estadístico

Las diferencias entre poblaciones para los caracteres PC y germinación acumulada (%) se analizaron mediante la prueba t de Student. Para los caracteres vinculados al vigor de planta, la variabilidad se analizó mediante estadística descriptiva y ANOVA bifactorial (2 poblaciones x 2 sustratos). Antes del análisis de la varianza se chequeó el supuesto de homogeneidad de varianzas. Solo los caracteres  $n^{\circ}adv$  y  $n^{\circ}mac$  resultaron con varianzas homogéneas, de modo que se les aplicó un ANOVA paramétrico y sus medias se compararon mediante la prueba de Tukey con un nivel de significancia de 0.05. Al resto de los caracteres se los analizó con ANOVA no paramétrico (Kruskal-Wallis). En este caso, para la comparación entre combinaciones se utilizó la prueba de rangos medios con un nivel de significancia del 0.05. Todos los análisis estadísticos se realizaron con el software Infostat versión 2012 (Di Rienzo et al. 2012).

## RESULTADOS

### Germinación y peso de semillas

Para el carácter peso de cariósipide no se observaron diferencias significativas ( $P>0.05$ ) entre las poblaciones de *S. berroi* recolectadas en los partidos de Magdalena (Pm) y Punta Indio (Ppi) (Tabla 2). Sí se observó variabilidad entre las poblaciones para la germinación de las cariósipides, expresada como germinación acumulada (%). Ppi resultó superior ( $P\leq 0.05$ ) a Pm (Figura 2).

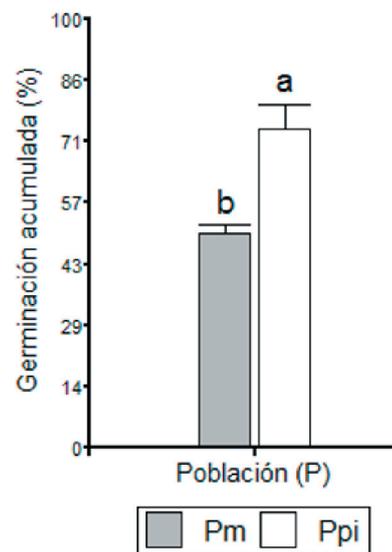
### Emergencia y crecimiento inicial

En cuanto a la emergencia, se observó que: a) para el porcentaje de emergencia acumulada, la interacción entre poblaciones (Pm y Ppi) y tipos de sustrato (no limitante [Sn] y limitante [Sl]) resultó significativa. La combinación Pm;Sl tuvo menor porcentaje de emergencia acumulada ( $P\leq 0.05$ ) que las restantes combinaciones (Pm;Sn, Ppi;Sn y Ppi;Sl); estas últimas no mostraron diferencias

significativas entre ellas ( $P>0.05$ ) (Figura 3a), y b) el índice de velocidad de emergencia mostró una interacción no significativa entre poblaciones y tipos de sustrato ( $P>0.05$ ). La combinación Ppi;Sn resultó superior al resto de las combinaciones, y Pm;Sl resultó inferior ( $P\leq 0.05$ ). Pm;Sn y Ppi;Sl fueron de comportamiento intermedio y no difirieron significativamente entre ellas ( $P>0.05$ ) (Figura 3b).

En referencia a los caracteres estudiados vinculados al crecimiento inicial, los resultados de la estadística descriptiva para cada carácter y población en cada uno de los sustratos permitieron evidenciar la existencia de variabilidad intrapoblacional, expresada mediante un coeficiente de variación (%) (Tabla 2).

Los pesos secos aéreo, radical y total fueron mayores ( $P\leq 0.05$ ) en Sn, y dentro de este sustrato, la población Pm mostró un comportamiento superior ( $P\leq 0.05$ ) con respecto a Ppi. Considerando el Sl, solo el peso seco radical mostró diferencias significativas, siendo mayor ( $P\leq 0.05$ ) en Ppi respecto al de Pm. Para la relación PSA/PSR, los tratamientos



**Figura 2.** Germinación acumulada (%) en dos poblaciones de *S. berroi* (Pm y Ppi). Cada histograma representa la media para cada población + 1 error estándar (barras verticales) de  $n=4$ . Letras diferentes indican diferencias significativas ( $P\leq 0.05$ ) entre poblaciones. Prueba t de Student.

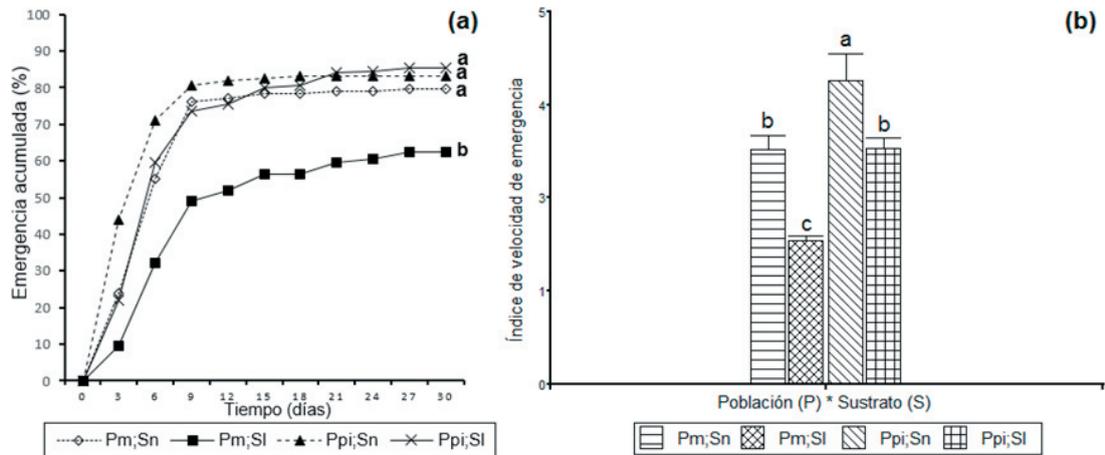
**Figure 2.** Cumulative germination (%) in two populations of *S. berroi* (Pm and Ppi). Each histogram represents the mean for each population + 1 standard error (vertical bars) of  $n=4$ . Different letters indicate significant differences ( $P\leq 0.05$ ) between populations. Student's t-test.

**Tabla 2.** Variabilidad de caracteres vinculados al crecimiento o vigor inicial de planta en dos poblaciones (Pm y Ppi) de *S. berroi* en dos sustratos (Sn y Sl). Letras diferentes dentro de cada carácter indican diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre combinaciones. Para  $n^{\circ}mac$  y  $n^{\circ}adv$ , la comparación de medias de las combinaciones se realizó con prueba de Tukey a un nivel de significancia de 0.05; para PC, la comparación de medias entre las dos poblaciones se realizó con prueba de Student a un nivel de significancia de 0.05. En los restantes caracteres se compararon las medianas de la combinación de tratamientos mediante prueba de rangos medios a un nivel de significancia de 0.05.

**Table 2.** Variability of characters linked to vigor or initial plant growth in two populations (Pm and Ppi) of *S. berroi* on two substrates (Sn and Sl). Different letters within each character indicate significant differences ( $P \leq 0.05$ ) between combinations. For  $n^{\circ}mac$  and  $n^{\circ}adv$ , the comparison of the means of the combinations was done with Tukey's test at a significance level of 0.05; in PC, the comparison of the means between the two populations was done with Student's test at a significance level of 0.05. In the remaining characters, the medians of the treatments were compared through a test of mean ranges at a significance level of 0.05.

Carácter	Población (P) x Sustrato (S)	n	Media ± error estándar	Coefficiente de variación (%)	Mínimo	Máximo
PC (mg)	Pm	157	0.55 ±0.01 a	23.74	0.12	0.80
	Ppi	160	0.54 ±0.01 a	21.60	0.25	0.78
PSA (mg)	Pm;Sn	80	144.61 ±6.87 a	42.51	25.69	301.09
	Pm;Sl	77	67.23 ±3.46 c	45.1	3.89	152.69
	Ppi;Sn	80	103.64 ±5.26 b	45.39	18.39	265.99
	Ppi;Sl	80	76.54 ±3.82 c	44.66	14.69	147.59
PSR (mg)	Pm;Sn	80	69.55 ±2.95 a	37.9	16.69	129.69
	Pm;Sl	77	34.79 ±1.78 d	44.97	7.19	93.99
	Ppi;Sn	80	50.25 ±2.16 b	38.53	13.79	110.19
	Ppi;Sl	80	41.17 ±1.93 c	41.89	7.19	77.59
PST (mg)	Pm;Sn	80	214.16 ±9.40 a	39.26	43.78	406.68
	Pm;Sl	77	102.03 ±5.08 c	43.72	17.68	240.08
	Ppi;Sn	80	153.9 ±7.24 b	42.1	32.38	376.18
	Ppi;Sl	80	117.71 ±5.56 c	42.25	24.48	210.98
PSA/PSR	Pm;Sn	80	2.09 ±0.06 a	23.59	0.37	3.26
	Pm;Sl	77	1.97 ±0.06 bc	25.65	0.28	3.21
	Ppi;Sn	80	2.05 ±0.05 ab	20.06	1.31	3.25
	Ppi;Sl	80	1.92 ±0.07 c	31.88	0.78	5.33
A (cm)	Pm;Sn	80	31.54 ±0.57 a	16.26	13.6	42
	Pm;Sl	77	24.25 ±0.43 bc	15.43	13.3	33.5
	Ppi;Sn	80	24.75 ±0.48 b	17.45	13.2	35
	Ppi;Sl	80	23.14 ±0.43 c	16.46	15	32
LR (cm)	Pm;Sn	80	17.14 ±0.24 a	12.35	9.4	21.8
	Pm;Sl	77	16.39 ±0.51 a	22.1	5.3	25.1
	Ppi;Sn	80	14.98 ±0.26 b	15.56	10	19.7
	Ppi;Sl	80	15.99 ±0.44 a	24.42	2	22.5
LT (cm)	Pm;Sn	80	48.68 ±0.56 a	10.26	30.7	58.7
	Pm;Sl	77	40.64 ±0.66 b	14.22	27.0	50.2
	Ppi;Sn	80	39.73 ±0.57 b	12.93	28.0	50.5
	Ppi;Sl	80	39.13 ±0.67 b	15.31	22.3	50.3
A/LR	Pm;Sn	80	1.89 ±0.05 a	25.88	0.80	3.67
	Pm;Sl	77	1.58 ±0.07 c	38.21	0.73	5.02
	Ppi;Sn	80	1.69 ±0.05 b	24.88	0.80	3.17
	Ppi;Sl	80	1.67 ±0.13 c	71.15	0.82	10.15
Ladv (cm)	Pm;Sn	80	18.30 ±0.24 a	11.97	9.1	22.5
	Pm;Sl	77	17.22 ±0.29 c	14.92	5.0	23.9
	Ppi;Sn	80	18.15 ±0.27 ab	13.23	8.4	26.4
	Ppi;Sl	80	17.53 ±0.33 bc	16.58	3.5	28.9
$n^{\circ}adv$	Pm;Sn	78	4.79 ±0.12 a	23.13	2	7
	Pm;Sl	77	3.77 ±0.12 b	27.54	2	6
	Ppi;Sn	80	4.38 ±0.11 a	23.39	1	6
	Ppi;Sl	80	3.78 ±0.13 b	30.09	1	6
$n^{\circ}mac$	Pm;Sn	80	6.54 ±0.22 a	29.5	2	11
	Pm;Sl	77	4.74 ±0.19 b	34.8	1	8
	Ppi;Sn	80	5.84 ±0.18 a	27.45	1	11
	Ppi;Sl	80	5.03 ±0.19 b	34.25	1	10
H ( $n^{\circ}$ )	Pm;Sn	80	14.31 ±0.41 a	25.39	6	23
	Pm;Sl	77	9.84 ±0.34 c	30.21	4	19
	Ppi;Sn	80	12.31 ±0.3 b	21.65	4	18
	Ppi;Sl	80	10.21 ±0.3 c	26.33	5	17

PC: peso de carióspside. PSA: peso seco aéreo. PSR: peso seco radical. PST: peso seco total. A: altura de planta. LR: longitud radical. LT: longitud total. Ladv: longitud de la raíz adventicia más larga.  $n^{\circ}adv$ : número de raíces adventicias.  $n^{\circ}mac$ : número de macollas. H: número de hojas.



**Figura 3.** Emergencia acumulada (%) e índice de velocidad de emergencia de plántulas en dos poblaciones de *S. berroi* (Pm y Ppi) para dos sustratos (Sn y Sl). (a) Emergencia acumulada (%) en 10 fechas (3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 27, 30 días) después de la siembra. Letras diferentes al final del período de ensayo (día 30 después de la siembra) indican diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre los sustratos y poblaciones ( $n=10$ ). Prueba de Tukey. (b) Índice de velocidad de emergencia. Cada histograma representa la media + 1 error estándar (barras verticales) de  $n=10$ . Letras diferentes indican diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre los sustratos y poblaciones. Prueba de Tukey.

**Figure 3.** Cumulative emergence (%) and seedling emergence rate index in two populations of *S. berroi* (Pm and Ppi) for two substrates (Sn and Sl). (a) Cumulative emergence (%) on 10 dates (3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 27, 30 days) after sowing. Different letters at the end of the trial period (day 30 after sowing) indicate significant differences ( $P \leq 0.05$ ) among substrates and populations ( $n=10$ ). Tukey's test. (b) Emergence speed index. Each histogram represents the mean + 1 standard error (vertical bars) of  $n=10$ . Different letters indicate significant differences ( $P \leq 0.05$ ) among substrates and populations. Tukey's test.

en el Sn resultaron superiores ( $P \leq 0.05$ ) a Ppi;Sl. Por su parte, Ppi;Sn no se diferenció ( $P > 0.05$ ) de Pm;Sl (Tabla 2).

La altura de planta fue superior ( $P \leq 0.05$ ) en la combinación Pm;Sn. De las restantes combinaciones, solo se diferenciaron significativamente Ppi;Sn de Ppi;Sl ( $P \leq 0.05$ ), mientras que Pm;Sl mostró valores intermedios entre las dos anteriores (Tabla 2).

Con respecto a la longitud radical, las combinaciones Pm;Sn, Ppi;Sn y Ppi;Sl fueron superiores ( $P \leq 0.05$ ) a Ppi;Sl y no mostraron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) entre ellas (Tabla 2). En el carácter longitud total, Pm;Sn resultó superior a las demás combinaciones, que no presentaron diferencias significativas entre ellas ( $P > 0.05$ ). La mayor relación A/LR se presentó en Pm;Sn ( $P \leq 0.05$ ), y la menor, en Pm;Sl y Ppi;Sl ( $P \leq 0.05$ ) (Tabla 2). El mayor valor para la longitud de la raíz adventicia más larga fue para Pm;Sn ( $P \leq 0.05$ ), que no se diferenció de Ppi;Sn ( $P > 0.05$ ), y el menor, para Pm;Sl ( $P \leq 0.05$ ), que no se diferenció de Ppi;Sl ( $P > 0.05$ ) (Tabla 2).

Solo el número de raíces adventicias y el número de macollas mostraron homogeneidad de la varianza y se pudieron analizar con un

ANOVA paramétrico. En ambos caracteres se observó una interacción no significativa entre poblaciones y tipos de sustrato ( $P > 0.05$ ), y resultó que en Sn las poblaciones presentaron un comportamiento superior con respecto a Sl ( $P \leq 0.05$ ) (Tabla 2). Finalmente, el mayor número de hojas se observó en la combinación Pm;Sn ( $P \leq 0.05$ ), y el menor, en Pm;Sl y Ppi;Sl ( $P \leq 0.05$ ) (Tabla 2).

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Este estudio tuvo como objetivo analizar la variabilidad dentro y entre dos poblaciones de *S. berroi* recolectadas en estepas de halófitas de la Pampa Deprimida (provincia de Buenos Aires, Argentina) para caracteres vinculados a la implantación (e.g., peso de cariósido, germinación, emergencia y crecimiento inicial). Del objetivo propuesto se logró verificar variabilidad dentro y entre poblaciones de la especie *S. berroi* recolectadas en los partidos de Magdalena (Pm) y Punta Indio (Ppi). Los caracteres evaluados vinculados a la implantación tuvieron diferente sensibilidad y eficacia. Los tipos de sustrato (con limitantes [Sl] y sin limitantes [Sn]) interactuaron significativamente con el origen de la población. Las poblaciones

estudiadas tuvieron un comportamiento diferencial según el tipo de sustrato en el que se sembró.

La variabilidad dentro de las poblaciones se observó mediante el coeficiente de variación (%). Dicho coeficiente presentó valores más elevados en los caracteres componentes del vigor de planta (peso seco aéreo, radical y total) y osciló entre 37.9 y 45.3% según la población y el sustrato. En los caracteres restantes, la variabilidad intrapoblacional resultó menos evidente. Los valores más bajos se observaron para los caracteres vinculados a la longitud de las plantas (altura de planta, longitud radical y longitud total), en los que el coeficiente de variación varió entre 10.2 y 24.4% según la población y sustrato. Estos resultados difieren de los encontrados por Entio et al. (2014) en poblaciones de la gramínea nativa perenne *Pappophorum vaginatum* Buckley, para la cual la variabilidad intrapoblacional se expresó en su mayoría en los caracteres número de macollas, número de raíces adventicias, longitud de la raíz adventicia más larga y número de hojas senescentes. No obstante, y en concordancia con los resultados obtenidos en nuestros ensayos, también en el trabajo antes citado, la variabilidad intrapoblacional en caracteres relacionados con el vigor de planta (peso seco aéreo, radical y total) fue relevante. Sin embargo, se observa que, mientras que para *S. berroi* la variabilidad intrapoblacional ocurre de forma más destacable en pocos caracteres, para *P. vaginatum* en todos los caracteres analizados, salvo en el número de hojas, se registraron coeficientes de variación mayores al 20%.

El peso de carióspsides resultó similar para ambas poblaciones de *S. berroi* analizadas. Los resultados observados coinciden con los obtenidos por Entio et al. (2014) para dos poblaciones de *P. vaginatum*, aunque difieren de los obtenidos por Tomás et al. (2007), quienes encontraron variabilidad para dicho carácter en un estudio realizado con clones de *Panicum coloratum* L. Diferentes estudios de correlaciones entre caracteres simples y complejos en especies forrajeras evidencian una correlación significativa y positiva entre el PC y el vigor o crecimiento inicial de plántula o planta (Smart and Moser 1999; Thomas 1966; Zang and Maun 1990). Sin embargo, también se halló una ausencia de correlación significativa entre estos caracteres, como lo demostraron Entio et al. (2014) para una de las poblaciones estudiadas de *P. vaginatum* y Tomás et al. (2007) en poblaciones de *P.*

*coloratum* en las que, más allá de un valor umbral del peso de semilla, el aumento del mismo no se asoció con cambios en el vigor o crecimiento inicial de planta. No obstante, se requiere un análisis particular sobre las correlaciones entre caracteres en diferentes poblaciones de *S. berroi*. Por otra parte, la ausencia de variabilidad observada entre Pm y Ppi para PC indicarían la inconveniencia de utilizar a este carácter como criterio de selección entre poblaciones.

La germinación y los mecanismos de dormición son de gran importancia adaptativa, ya que aseguran que la emergencia de las plántulas ocurra en el tiempo y lugar más ventajosos (Bewley and Black 1994). Además, las etapas de germinación y crecimiento inicial resultan críticas en ambientes con abundante contenido de sales al afectar el poder germinativo y la tasa de germinación (Ungar 1978). En el presente trabajo se encontró variabilidad para la germinación acumulada entre las poblaciones estudiadas. Esto no estaría vinculado al peso de la carióspside, ya que este último carácter no mostró diferencias entre poblaciones. Nuestros resultados difieren con los informados por Tomás et al. (2007, 2016) para *P. coloratum*, en los que el porcentaje de germinación se relacionó positivamente con el peso de semillas y aumentó por incremento en el peso de las mismas hasta un peso umbral de 1.34 g por 1000 semillas. En nuestro trabajo, las diferencias observadas entre poblaciones para el carácter germinación acumulada (%) podrían atribuirse, además de a diferencias genéticas entre las mismas, al denominado efecto materno al momento de formación de las semillas. Si bien las condiciones de precipitaciones y temperatura del aire de ambos sitios de recolección son similares, habría que estudiar parámetros edáficos (e.g., disponibilidad de nitrógeno) que puedan haber influido en la calidad (e.g., germinación acumulada) de las carióspsides. También podría atribuirse a una capacidad diferencial de las poblaciones de mantener su capacidad germinativa cuando son almacenadas en heladera (4 °C) a mediano plazo. Estudios realizados por Bolaños et al. (2015) sobre el comportamiento germinativo de carióspsides de esta especie le atribuyen un período de dormición de 8 meses, por lo que otro factor determinante podría ser la existencia de variabilidad intrapoblacional en la dormición de las carióspsides. No obstante, para las poblaciones analizadas en este estudio se estaría descartando que estas diferencias encontradas en la germinación sean atribuibles

a una dormición diferencial de las cariopsis dentro y entre las poblaciones, dado que las semillas estuvieron alrededor de tres años en almacenamiento desde su recolección (2016) hasta la realización de nuestros ensayos (2019).

En cuanto al porcentaje de emergencia acumulada a los 30 días desde la siembra, el comportamiento inferior de Pm en Sl con respecto a Ppi en el mismo sustrato sería una desventaja competitiva. La variabilidad entre poblaciones observada para este carácter coincide parcialmente con los resultados obtenidos por Entio et al. (2021) para cuatro poblaciones de *P. vaginatum* cuyas cariopsis fueron recolectadas en la región semiárida de la provincia de Buenos Aires, donde una población fue superior ( $P \leq 0.05$ ) a las otras tres, que no presentaron diferencias significativas entre ellas. El índice de velocidad de emergencia se vio favorecido en el sustrato no limitante (Sn). La población Ppi se destacó por su mejor comportamiento en ambos sustratos, siendo significativamente superior a Pm en el sustrato limitante neutral (Sl). Tal como ocurrió para la germinación acumulada (%), se observó una mayor capacidad de Ppi para emerger rápidamente mostrando una habilidad competitiva superior en este carácter con respecto a Pm.

El efecto de la salinidad sobre el crecimiento de plantas es proporcional a la concentración salina y varía entre y dentro de las especies (Horst and Dunning 1989). Para el peso seco total se destacaron como superiores las combinaciones en el sustrato no limitante (Sn). A su vez, en dicho sustrato, Pm resultó superior a Ppi. Para ambas poblaciones, el efecto limitante de Sl también repercutió en la menor acumulación de biomasa seca a nivel aéreo y radical. Como fuera mencionado, en Sn, Pm tuvo mayor capacidad de producción de biomasa seca (aérea, radical y total) que Ppi, pero en Sl, fue Ppi la que se presentó como superior a Pm para estos caracteres, aunque las diferencias solo fueron significativas respecto al peso seco radical. Se observó que en un sustrato no limitante (Sn), Pm presentó un mayor vigor o crecimiento inicial de planta, pero en un sustrato restrictivo (Sl), a pesar de que no existieron diferencias significativas,

Ppi tuvo un valor más elevado para ese carácter. Los resultados concuerdan con los obtenidos por Ribotta et al. (2013) en ensayos en hidroponía para diferentes cultivares de *Chloris gayana* K. en una solución control, con 0 mM NaCl, y en una solución de 400 mM NaCl, evidenciándose cómo la salinidad del medio tiene un efecto negativo y significativo en el PST acumulado a los 30 días de cultivo.

El número de raíces adventicias y el número de macollas son caracteres que no mostraron interacción (Población x Sustrato) ni variabilidad entre poblaciones, sino que variaron según el sustrato. Así, se evidenció que Sl dificultó la producción de raíces adventicias y, por lo tanto, disminuyó la capacidad del sistema radical para explorar el perfil del suelo, afectando la captación de agua y nutrientes. Este menor desarrollo del sistema radical en el sustrato limitante se correspondió con una menor producción de biomasa aérea, incluido el número de macollas, con respecto a Sn. Por otra parte, al menos en el período estudiado, las poblaciones no mostraron diferencias significativas en su vigor o crecimiento inicial de planta en Sl.

La producción de hojas fue superior para ambas poblaciones en Sn con respecto a Sl, lo que pudo estar dado por una mayor disponibilidad y captación de recursos edáficos. A su vez, en Sn, Pm demostró mayor capacidad de producción de hojas que Ppi. Tal como se observó para el peso seco total, en Sl la producción de hojas fue similar en ambas poblaciones.

La variabilidad entre las poblaciones en caracteres como la germinación y la emergencia acumulada, así como la variabilidad dentro de poblaciones para el carácter complejo crecimiento o vigor inicial de planta y otros caracteres asociados, sería promisoría para una fase inicial de un plan de mejora de la implantación. Por otra parte, la variabilidad interpoblacional observada en el crecimiento o vigor inicial de planta para el sustrato sin limitantes hace suponer un mayor potencial genético de respuesta de Pm ante una mejora en las condiciones edáficas. En futuras investigaciones se deberían abordar un mayor número de poblaciones de otras regiones de la Pampa Deprimida.

## REFERENCIAS

- Anderson, D. E. 1974. Taxonomy of the genus *Chloris* (Gramineae). Brigham Young University Science Bulletin. Biological Series, Volume XIX, Number 2, March 1974. ISSN 0068-1024.
- Ansin, O. E., E. M. Oyhamburu, M. C. Vecchio, M. I. Cordero, and B. Heguy. 2005. Estructura y condición forrajera de un pastizal alcalino ante diferentes manejos de pastoreo. III Congreso Nacional de manejo de pastizales. Libro de resúmenes aprobados. Pp. 105.
- Batista, W., M. Taboada, R. Lavado, S. Perelman, and R. J. C. León. 2005. Asociación entre comunidades vegetales y suelos en el pastizal de la Pampa Deprimida. Pp. 13-129 en Editorial Universidad de Buenos Aires. La heterogeneidad de la vegetación de los agroecosistemas.
- Bewley, J. D., and M. Black. 1994. Seeds: Physiology of development and germination. Plenum Press, New York. Pp. 236-246. <https://doi.org/10.1007/978-1-4899-1002-8>.
- Bolaños, V., M. C. Vecchio, and R. A. Golluscio. 2015. Dormición y tipo de suelo como determinantes de la germinación y establecimiento de *Chloris berroi* en la Pampa Deprimida. *Ecología Austral* 25:75-80. <https://doi.org/10.25260/EA.15.25.1.0.57>.
- Burkart, S., M. Garlbusky, C. Ghersa, J. P. Guerschman, R. León, M. Oesterheld, J. Paruelo, and S. Perlman. 2005. Las comunidades potenciales del pastizal pampeano bonaerense. Pp. 379-395 en Editorial Universidad de Buenos Aires. La heterogeneidad de la vegetación de los agroecosistemas.
- Casal, A., F. R. Jaimes, A. Cesa, M. J. Martinefsky, J. Orondo, A. Quiñónez Martorello, A. Lavarello Herbin, R. Pérez, and V. Maldonado May. 2018. En la búsqueda de prácticas agroecológicas para la restauración y uso sustentable de los pastizales naturales pampeanos, recursos forrajeros multifuncionales. Pp. 29-66 en Ed. INTA. El suelo como reactor de los procesos de regulación funcional de los agroecosistemas.
- Di Rienzo, J. A., F. Casanoves, M. G. Balzarini, L. González, M. Tablada, and C. W. Robledo. InfoStat versión 2012. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL: [infostat.com.ar](http://infostat.com.ar).
- ENSCONET. 2009. Manual para la Recolección de Semillas de Especies Silvestres. Royal Botanic Gardens, Kew (UK) and Universidad Politécnica de Madrid (Spain). Pp. 36.
- Entio, L. J., M. M. Mujica, C. Busso, Y. Torres, O. Montenegro, L. Ithurrart, H. Giorgetti, G. Rodríguez, D. Bentivegna, R. Brevedan, O. Fernández, S. Baioni, M. Fioretti, and G. Tucut. 2014. Variabilidad y correlaciones de caracteres vinculados al vigor de plántula en dos poblaciones naturales de *Pappophorum vaginatum* Buckley. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCuyo* 46(2): 223-230.
- Entio, L. J., M. M. Mujica, C. A. Busso, and Y. A. Torres. 2021. Reproductive traits in four spontaneous *Pappophorum vaginatum* populations in arid Argentina. *Acta Oecologica* 110:103675. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2020.103675>.
- Escobar Hernández, A., E. Troyo Diéguez, J. L. García Hernández, H. Hernández Contreras, B. Murillo Amador, and R. López Aguilar. 2005. Potencial forrajero del pasto salado *Distichlis spicata* L. (Greene) en ecosistemas costeros de Baja California Sur, México por el método de "componentes principales". *Téc Pecu Méx* 43(1):13-25.
- Facelli, J. M., R. J. C. León, and V. A. Deregibus. 1989. Community structure in grazed and ungrazed grassland sites in the Flooding Pampa, Argentina. *American Midland Nat* 121:125-133. <https://doi.org/10.2307/2425663>.
- Horst, G. L., and N. B. Dunning. 1989. Germination and seedling growth of perennial ryegrasses in soluble salts. *J Amer Soc Hort Sci* 114(2):338-342. <https://doi.org/10.21273/JASHS.114.2.338>.
- INTA informa. 2013. Una forrajera promisoriosa para zonas marginales. URL: [tinyurl.com/32z633yu](http://tinyurl.com/32z633yu).
- León, R. J. C., S. Burkart, and C. P. Movia. 1979. Relevamiento fitosociológico del pastizal del Norte de la Depresión del Salado. *Serie Fitogeográfica* 17. INTA. Buenos Aires. Pp. 90.
- Marshall, D. R., and A. H. D. Brown. 1975. Optimum sampling strategies in genetic conservation. Pp. 53-80 en O. H. Frankel and J. G. Hawkes (eds.). *Crop genetic resources for today and tomorrow*. Cambridge. Cambridge University Press.
- Mujica, M. M. 2010a. Estrategias de selección y rol de la mejora genética de especies nativas y naturalizadas para una ganadería pastoril sustentable. *Actas de las Jornadas de Mejoramiento Genético de Forrajeras*. Facultad de Cs. Agrarias y Forestales - UNLP. Pp. 59-62.
- Mujica, M. M. 2010b. Estrategias y resultados de una experiencia de investigación tecnológica y mejoramiento genético en *Lotus tenuis*. *Actas del V Taller Interdisciplinario de Lotus: Aspectos genéticos, Moleculares y Ecofisiológicos de Lotus spp. y sus simbioses*. INTECH, Chascomús. Pp. 58-62.
- Mujica, M. M. 2014. 1ra Exposición de productos del Mejoramiento Genético Vegetal generados en la FCAYF-UNLP. 26 a 28 de marzo de 2014 en la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (UNLP). La Plata. URL: <https://expovariadadesvegetalesunlp.wordpress.com/>
- Pistorale, S. M., L. A. Abbott, and A. Andrés. 2008. Diversidad genética y heredabilidad en sentido amplio en agropiro alargado, *Thinopyrum ponticum*. *Ciencia e Investigación Agraria* 35(3):259-264. <https://doi.org/10.4067/S0718-16202008000300003>.
- Qualls, M., and C. S. Cooper. 1968. Germination, growth and respiration rates of birdsfoot trefoil at three temperatures during the early non-photosynthetic stage of development. *Crop Science* 8:758-760. <https://doi.org/10.2135/cropsci.1968.0011183X000800060036x>.
- Ribotta, A., G. Bollati, S. Griffo, E. López Colomba, E. Carloni, M. Quiroga, and K. Grunberg. 2013. Mejoramiento genético para tolerancia a la salinidad en grama rhodes plonide. *INTA. Estación Experimental Agropecuarias Rafaela. Jornadas Tropicales* 2013. Informe técnico n° 58. Pp. 49-55.
- Rossi, C. 2008. Mejoramiento de la Condición Forrajera en Bajos Alcalino-Sódicos con Especies Subtropicales en la

- Cuenca del Salado. Sitio Argentino de Producción Animal. URL: [tinyurl.com/bdd486ta](http://tinyurl.com/bdd486ta).
- Royal Botanic Gardens, Plants of the World Online. URL: [tinyurl.com/4rhaxry3](http://tinyurl.com/4rhaxry3).
- Smart, A. J., and L. E. Moser. 1999. Switchgrass seedling development as affected by seed size. *Agronomy Journal* 91: 335-338. <https://doi.org/10.2134/agronj1999.00021962009100020025x>.
- Smart, A. J., L. E. Moser, and K. P. Vogel. 2003. Establishment and Seedling Growth of Big Bluestem and Switchgrass Populations Divergently Selected for Seedling Tiller Number. *Crop Science* 43:1434-1440.
- Thomas, R. L. 1966. The influence of seed weight on seedling vigour in *Lolium perenne*. *Annals of Botany* 30:111-121. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aob.a084052>.
- Tomás, M. A., G. D. Berone, J. M. Pisani, A. N. Ribotta, and E. Biderbost. 2007. Relación entre peso de semillas, poder germinativo y emergencia de plántulas en clones de *Panicum coloratum* L. *Revista Argentina de Producción Animal* 27(1):205-206.
- Tomás, M. A., M. Giordano, L. Cardamone, V. Pilatti, and L. Armando. 2016. Mejoramiento Genético de *Panicum coloratum* var. Makarikariense. INTA. Estación Experimental Agropecuaria Rafaela. Información técnica de producción animal 2016. Pp. 111-116.
- Tricart, J. L. F. 1968. La geomorfología de La Pampa Deprimida como base para los estudios edafológicos y agronómicos. Plan Mapa de Suelos de la Región Pampeana. Public. Int. INTA. Pp. 218.
- Ungar, I. A. 1978. Halophyte seed germination. *The Botanical Review* 44(2):233-264. <https://doi.org/10.1007/BF02919080>.
- UNL Noticias. 2004. Científicos logran mejorar genéticamente una forrajera nativa. URL: [tinyurl.com/37sy5cyw](http://tinyurl.com/37sy5cyw).
- Vecchio, M. C. 2014. Modificaciones en la vegetación y el suelo inducidos por el manejo del pastoreo en la estepa de halófitas de la Pampa Deprimida. Tesis para el título de Magister, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires.
- Vecchio, M. C., B. Heguy, E. M. Oyhamburu, M. I. Cordero, and O. E. Ansin. 2006. Cómo influyen las distintas frecuencias de pastoreo a las comunidades de un pastizal del Norte de la Pampa Deprimida. XXII Reunión Argentina de Ecología. Libro de resúmenes: Posters-conservación, Agroecosistemas y ecología urbana. Pp. 224.
- Vecchio, M. C., V. A. Bolaños, R. A. Golluscio, and A. M. Rodríguez. 2019. Rotational grazing and enclosure improves grassland condition of the halophytic steppe in Flooding Pampa (Argentina) compared with continuous grazing. *The Rangeland Journal* 41:1-12. <https://doi.org/10.1071/RJ18016>.
- Weatherspark. 2016. El clima en Magdalena. URL: [tinyurl.com/2p8ztxxn](http://tinyurl.com/2p8ztxxn).
- Weatherspark. 2016. El clima en Verónica. URL: [tinyurl.com/7fsykum9](http://tinyurl.com/7fsykum9).
- Zang, J., and M. A. Maun. 1990. Seed size variation and its effects on seedling growth in *Agropyron psammophilum*. *Botanical Gazette* 151:106-113. <https://doi.org/10.1086/337809>.