

Estudios de variabilidad en atributos de semilla y plántulas en poblaciones de *Piptochaetium napostaense*

Porta Siota, Fernando ^{1,2} , Petruzzi, Horacio Javier ^{1,2}  y Morici, Ernesto Fracisco Atilio ³ ¹ Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, EEA "Ing. Guillermo Covas" Anguil, La Pampa, Argentina² Universidad Nacional de La Pampa, Facultad de Agronomía, Argentina³ Actividad privada

@ portasiota.fernando@inta.gob.ar

Recibido: 26/06/2024

Aceptado: 30/09/2024

Resumen. El uso de semillas de gramíneas es una estrategia de recuperación de pastizales en diferentes regiones. El objetivo del trabajo fue describir caracteres de semillas y de plántulas de interés, y su respectiva variabilidad en poblaciones de *Piptochaetium napostaense*, especie forrajera de los pastizales del Espinal. Se estudió el peso de las semillas, atributos de germinación y vigor de las plántulas en 7 poblaciones de *Piptochaetium napostaense* colectadas en la región del Espinal, delimitados al norte por la localidad de Victorica, y al sur, por la localidad de Perú, en la provincia de La Pampa. Se presentaron diferencias entre poblaciones para las variables peso de semilla y germinación. La población 3, mostró los mayores valores en peso (670 mg cada 100 semillas), y P6 el mayor porcentaje de germinación (62 %). El vigor de plántulas fue una variable que no presentó diferencias entre poblaciones. El peso de las semillas se correlacionó de forma positiva con la altura aérea de las plántulas. El mejoramiento de esta especie por selección de caracteres sería factible en atributos como germinación y peso, siendo una estrategia útil en la rehabilitación de pastizales, con el propósito de aumentar la frecuencia de las especies forrajeras.

Palabras clave: peso de semillas; germinación; vigor de plántula; Espinal; variabilidad intraespecífica.

Abstract. Study of variability in seed and seedling attributes on populations of *Piptochaetium napostaense* Seed and seedling attributes variability study on *Piptochaetium napostaense*'s populations. The use of grass seeds is a strategy for grassland recovery in different regions. The objective of this study was to describe traits of seeds and seedlings of interest, and their respective variability in populations of *Piptochaetium napostaense*, a forage species from the Espinal grasslands. The seed weight, germination attributes and vigor of seedlings were studied in 7 populations of *Piptochaetium napostaense* collected in the Espinal region, delimited to the north by the locality of Victorica, and to the south by the locality of Perú, in the province of La Pampa. Differences were presented between populations for the variables seed weight and germination. Population 3 showed the highest values in weight (670 mg per 100 seeds), and P6 showed the highest percentage of germination (62 %). The vigor of seedlings was a variable that did not present differences between populations. The weight of seeds was positively correlated with the aerial height of seedlings. The improvement of this species by selection of characters would be feasible in attributes such as germination and weight, being a useful strategy in the rehabilitation of grasslands, with the purpose of increasing the frequency of forage species.

Key words: seed weight; germination; seedling vigor; spinal; intra-specific variability.

INTRODUCCIÓN

La adaptación de las especies forrajeras a condiciones ambientales como escasez de precipitaciones, falta de fertilidad de suelo, salinidad y factores antropogénicos como las defoliaciones por pastoreo promueven variabilidad genética. En otras ocasiones, la adaptación al ambiente es debido a la plasticidad fenotípica propia de la especie. En este sentido, las especies nativas del pastizal, así como aquellas naturalizadas, son importantes reservorios de germoplasma que permiten adaptarse a diferentes condiciones ecológicas (Duyvendak & Luesink, 1979). Por otro lado, la persistencia de los pastizales dependerá de factores como el manejo del banco de semillas

germinables permitiendo realizar un control de la vegetación. Entre las prácticas culturales que permiten la persistencia de un banco de semillas, la exclusión al pastoreo de los pastizales en la época de floración, fructificación y posterior

Cómo citar este trabajo:

Porta Siota, F., Petruzzi, H. J. y Morici, E. F. A. (2025). Estudios de variabilidad en atributos de semilla y plántulas en poblaciones de *Piptochaetium napostaense*. *Semiárida*, 35(1), 35-44.



diseminación es la más utilizada (Ernst y Morici, 2013).

El origen de procedencia de las semillas es de interés para los programas de mejoramiento genético en especies que no han sido domesticadas (Ford-Lloyd & Jackson, 1986). Además, la germinación es un parámetro de interés agronómico en muchas familias que presentan variabilidad para ese carácter. Diferentes factores ambientales, como así también la amplitud de las regiones geográficas de las distintas procedencias, generan respuestas diferenciales en la germinación de las especies (Tomas et al., 2017). Factores como altitud y longitud (Qiu et al., 2010; Trillo & Carro, 1993), humedad gravimétrica (Hacker, 1984), fertilidad de suelo (Zarina et al., 2005), halomorfismo (Bazzigalupi et al., 2008), temperatura (Sanderson et al., 1990), presencia de cubierta vegetal (Brancalion et al., 2011) y alteraciones del hábitat (Jorritsma-Wienk et al., 2007; Zabala et al., 2009a), entre otros, son condicionantes de la maduración de las semillas.

Otro carácter importante a tener en cuenta en los programas de mejoramiento es el tamaño de las semillas, el cual se relaciona en algunas especies con el crecimiento inicial de las plántulas (Bretagnolle et al., 1995; Manga & Yadav, 1995). Aquellas semillas de tamaño grande presentan mayor cantidad de estructuras de reservas en comparación con las pequeñas, pudiendo favorecer las primeras etapas de crecimiento de una especie (Valadez-Gutiérrez et al., 2011).

La degradación que presentan actualmente los ecosistemas áridos y semiáridos a causa del uso antrópico es un problema serio, y la rehabilitación de estas áreas es de importancia tanto productiva como ecológica (Aronson et al., 1993, Maestre et al., 2001). Una de las estrategias para recuperar la vegetación en áreas degradadas es a través de la reintroducción de especies (Blanco et al., 2005). Cuando el banco de semillas de las especies nativas forrajeras se ha perdido o es muy escaso, la incorporación de estas a través de la siembra es una de las posibles técnicas que posibilitarían su reintroducción.

Piptochaetium napostaense (Speg.), vulgarmente conocida como “flechilla negra”, es una especie perenne de hábito de crecimiento cespitoso, de ciclo invernal, presente en las regiones áridas y semiáridas del centro de Argentina. Su distribución geográfica se extiende desde Catamarca hasta Río Negro. Rebrotan en marzo-abril, vegetan en invierno y florece y fructifica en primavera cuando se diseminan rápidamente, para luego entrar en fase de reposo. Crece en suelos secos, de textura franca o franco-arenosa. Es común encontrarla en los pastizales bajos de planicie, en el bosque de caldén, y en los arbustales mixtos de La Pampa. Es una especie que se presenta desde dominante a codominante en los pastizales bajos y bosque de caldén, y suele encontrarse como acompañante en el arbustal mixto. Es muy importante en los campos naturales de La Pampa. Considerada una especie clave en el manejo de pastizales, proveyendo forraje desde otoño hasta primavera, recomendando su uso en este período (Cano et al., 1988).

En la actualidad, no se dispone de semilla comercial de las especies consideradas clave en los pastizales del Distrito del Caldén (*P. ligularis*, *P. napostaense*, *N. tenuis*). Disponer de semilla de estas especies sería una herramienta de interés para reintroducirlas en áreas donde se han perdido. Para esto es necesario comenzar con trabajos de domesticación de las especies, que permitan la obtención de semillas y de conocimiento para su reintroducción exitosa en pastizales degradados.

Se plantea como objetivo del trabajo caracterizar poblaciones de *Piptochaetium napostaense*. Para ello, se evaluaron características vinculadas con el restablecimiento de la especie, a través de características de las semillas como el peso y la germinación, y aspectos relacionados con el vigor de plántulas

METODOLOGÍA

Área de estudio

Se colectaron semillas de 7 poblaciones de *Piptochaetium napostaense* ubicadas en la región del caldenal, la población más al norte fue cercano al límite con la provincia de San Luis y la más al sur cercana a la localidad de Perú (Tabla 1).

Tabla 1. Ubicación de la colecta de poblaciones de *Piptochaetium napostaense* y datos climáticos y de suelo.**Table 1.** Location of population collection of *Piptochaetium napostaense* and climate and soil information.

Población	Latitud	Longitud	Temperatura media (°C)	Precipitación media (mm)	Textura de suelo	Materia orgánica (%)
Población 1 (P1)	35°59'36" S	65°23'39" W	15,6	512	franco arenosa	0,7
Población 2 (P2)	36°20'30" S	65°23'42" W	15,6	512	franco arenosa	0,7
Población 3 (P3)	36°42'17" S	64°12'58" W	15,5	586	franco arenosa	2,4
Población 4 (P4)	36°42'17" S	65°12'05" W	15,5	586	franco arenosa	1,3
Población 5 (P5)	36°29'37" S	64°37'22" W	15,5	586	franco arenosa	2,1
Población 6 (P6)	37°37'51" S	64°43'24" W	15,2	556	franco arenosa	1,1
Población 7 (P7)	37°37'21" S	64°10'02" W	15,2	556	franco arenosa	1,6

Poblaciones y atributos medidos

Se evaluó la progenie de 7 poblaciones de *Piptochaetium napostaense*, a partir de 6 individuos por población (genotipos), de una cohorte de semillas del año 2015, cosechadas en un jardín común. Se evaluaron parámetros de semilla (cariopsis): peso, germinación y vigor de la plántula.

Semillas. Se evaluó el peso de 100 antecios (PA100), expresado en miligramos, libre de estructuras de dispersión y provisto de las glumelas (balanza analítica, error 10-4g). Los valores para cada genotipo se obtuvieron del promedio de 5 repeticiones.

Germinación. El ensayo consistió en evaluar la germinación de las poblaciones. Se colocaron 25 semillas, comprendido de antecios y glumelas, en cajas de Petri con sustrato húmedo en base a papel, con 5 repeticiones. Los requerimientos de temperatura y fotoperíodo fueron, respectivamente, de 20 °C / 10 °C (día/noche) y 9 h (Mayor et al., 2007). La germinación se determinó cada 2 días, por un período de 21 días. Cada semilla germinada, es decir presencia de radícula emergida, fue contabilizada y retirada de la caja.

Diferentes parámetros fueron evaluados:

- Porcentaje de germinación final (PG).
- Tasa de germinación (TG), calculada como el porcentaje ponderado. La misma disminuye con el tiempo, ya que las semillas germinadas primero reciben un máximo de ponderación (Reddy et al., 1985).

$$TG = \frac{(t_{\text{final}} * n1 + t_{\text{final}-1} * n2 + t_{\text{final}-2} * n3 + \dots + 1 * n_{\text{final}})}{t_{\text{final}} * N}$$

Dónde: n1, n2, n3, ... nfinal es el número de semillas que germinaron en el 1°, 2°, 3° hasta el día final del tratamiento; t final, t final-1, t final-2..... 1 es la ponderación (expresada como números de días) dada a las semillas que germinaron en diferentes momentos; y N es el número total de semillas puestas a germinar en cada caja de Petri.

Vigor. Durante mayo de 2018, 60 semillas por genotipo se colocaron en cajas de Petri, con 5 repeticiones, con evaluación durante 21 días del crecimiento de plántula. Las variables temperatura y fotoperíodo fueron controladas. El régimen térmico fue de 20 °C / 10 °C (día/noche) y 9 h de luz coincidente con la temperatura más alta. Se evaluó la longitud de la parte aérea (LA), medido entre el cuello de la plántula y su extremo; longitud de raíces (LR), medida entre el cuello hasta el extremo de la raíz seminal más desarrollada; y longitud total (LT), suma de LA + LR. Se calculó la relación LA/LR.

Análisis de datos. El modelo utilizado fue de diseño anidado, con los términos:

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j(i) + \epsilon_{ijk}$$

donde $i = 1, \dots, 7$; $j = 1, \dots, 6$; $k = 1, \dots, 5$.

La variabilidad en la respuesta medida en cada genotipo y_{ijk} se particiona en un modelo aditivo de cuatro fuentes: una media general (μ), variabilidad entre poblaciones (α_i), variabilidad entre genotipos dentro de la población ($\beta_j(i)$), y error ($\epsilon_{k(ij)}$).

Las diferencias entre medias se analizaron con ANOVA de una vía de clasificación. Las medias fueron comparadas con prueba LSD Fisher. El nivel de significancia utilizado fue del 5 %.

Se determinó coeficiente de correlación de Pearson para la relación entre variables analizadas. Los datos se analizaron con el programa estadístico INFOSTAT (Di Rienzo et al., 2016), nivel de significancia del 5 %.

RESULTADOS

Las poblaciones de *P. napostaense* presentaron variabilidad en los parámetros de peso de semillas y germinación. El peso de las semillas registró los valores medios para P5 (508,8 mg) como mínimo y P3 (670,3 mg) como máximo (Tabla 2). P3 no se diferenció de P6, P7 y P4. El coeficiente de variación varió entre 2,7 y 10,9 %.

Población	Media (mg)	EE	CV	Mín.	Máx.
Población1	542,5 cd	11,0	11	458,7	649,2
Población2	545,5 bcd	5,7	6	482,1	592,1
Población3	670,3 a	9,7	8	561,5	750,3
Población4	597,4 abc	7,0	6	515,0	645,7
Población5	508,8 d	2,5	3	482,9	529,8
Población6	651,5 a	11,2	10	553,3	768,6
Población7	622,6 ab	5,0	5	578,2	688,5

Tabla 2. Valores resumen de la masa de 100 antecios (PA100) para poblaciones de *Piptochaetium napostaense*. mg: miligramos, EE: error estándar, CV: coeficiente de variación, Mín.: mínimo, Máx.: máximo. Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre poblaciones.

Table 2. Summary weight values of 100 seeds (PA100) for populations of *Piptochaetium napostaense*. mg: milligrams, EE: standard error, CV: coefficient of variation, Min.: minimum, Max.: maximum. Different letters indicate significant differences ($p < 0.05$) between populations.

El PG a nivel de poblaciones estuvo comprendido entre 30,8 % y 62,3 %, para P1 y P6 respectivamente. A nivel de genotipos, el rango fluctuó de 12 % (P1) a 96 % (P6) (Tabla 3). No se encontraron diferencias estadísticas entre P6, P4 y P2. En cuanto a la TG a escala de población presentó un valor máximo para P6 sin diferencias con P2, P3 y P4 (Tabla 4.). Los valores obtenidos en P6 duplicaron a la población con el menor valor de TG (P1).

Población	PG (%)	EE	CV	Mín.	Máx.
Población1	30,8 c	2,65	42,1	12	64
Población2	51,1 ab	3,05	29,2	24	80
Población3	47,3 b	3,05	31,5	24	76
Población4	50,8 ab	3,73	35,9	20	88
Población5	44,6 bc	3,27	35,8	20	72
Población6	62,3 a	3,36	26,4	24	96
Población7	44,1 bc	3,20	35,4	20	80

Tabla 3. Medidas resumen del porcentaje final de germinación (PG) para las poblaciones de *Piptochaetium napostaense* evaluadas. DE: desvío estándar, EE: error estándar, CV: coeficiente de variación, Mín.: mínimo, Máx.: máximo. Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre poblaciones.

Table 3. Summary measures of the final germination percentage (PG) for the evaluated populations of *Piptochaetium napostaense*. DE: standard deviation, EE: standard error, CV: coefficient of variation, Min.: minimum, Max.: maximum. Different letters indicate significant differences ($p < 0.05$) between populations.

Población	TG (%)	EE	CV	Min	Máx
Población1	23,7 c	2,15	44,3	8,6	51,8
Población2	40,1 ab	2,45	29,8	17,9	66,3
Población3	37,8 ab	2,58	33,4	18,1	60,6
Población4	40,4 ab	3,03	36,7	16,2	72,8
Población5	35,4 bc	2,61	36,1	16,4	59,0
Población6	50,0 a	2,85	27,9	18,9	81,1
Población7	34,8 bc	2,70	37,9	15,8	66,7

Tabla 4. Valores resumen de la tasa de germinación (TG) para 7 poblaciones de *Piptochaetium napostaense*. EE: error estándar, CV: coeficiente de variación, Min: mínimo, Máx: máximo. Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre poblaciones.

Table 4. Summary germination rate (GT) values for 7 populations of *Piptochaetium napostaense*. EE: standard error, CV: coefficient of variation, Min: minimum, Max: maximum. Different letters indicate significant differences ($p < 0,05$) between populations.

En cuanto al vigor de las plántulas todas las variables medidas mostraron similar comportamiento entre poblaciones, sin diferencias estadísticas en ninguna (Tabla 5).

Tabla 5. Valores resumen correspondientes a longitud de la parte aérea (mm) (LA), longitud de raíces (mm) (LR), longitud total (mm) (LT) y relación longitud de la parte aérea/longitud de raíces (LA/LR) en plántulas de 7 poblaciones de *Piptochaetium napostaense*. EE: error estándar, C.V: coeficiente de variación.

Table 5. Summary values corresponding to aerial part length (mm) (LA), root length (mm) (LR), total length (mm) (LT) and aerial part length/root length (LA/LR) ratio in seedlings of 7 populations of *Piptochaetium napostaense*. P1: population 1, P2: population 2, P3: population 3, P4: population 4, P5: population 5, P6: population 6, P7: population 7, EE: standard error, C.V: coefficient of variation.

		Población1	Población2	Población3	Población4	Población5	Población6	Población7
Longitud de la parte aérea (mm) (LA)	Media	11,1	12,1	14,5	13,9	12,1	15	12,5
	E.E.	0,6	0,6	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7
	C.V (%)	65	59,7	66,1	56,6	59,4	59,2	61,9
Extensión de raíces (mm) (LR)	Media	15,8	18	22,3	17,4	18,5	19,9	17,7
	E.E.	0,7	0,7	0,9	0,7	0,8	0,8	0,9
	C.V (%)	56,2	50,1	48,8	47,3	48,4	52,3	56,9
Longitud total (mm) (LT)	Media	26,8	30,1	36,8	31,2	30,6	34,9	30,2
	E.E.	1,3	1,2	1,7	1,3	1,4	1,5	1,8
	C.V (%)	56,7	50,6	52,5	49,2	48,9	51,9	56,1
Relación LA/LR	Media	0,7	0,7	0,7	0,8	0,7	0,8	0,8
	E.E.	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01
	C.V (%)	39,2	42,9	70,1	43,2	57,6	52,1	60,6

Con respecto a la correlación entre variables de la población, la longitud total de la plántula (LT) se relacionó de forma positiva con P100 (Figura 1). A su vez, poder germinativo y longitud de la parte aérea, tasa de germinación y longitud de la parte aérea y, peso de 100 antecios y longitud de la parte aérea se relacionaron positivamente (Tabla 6).

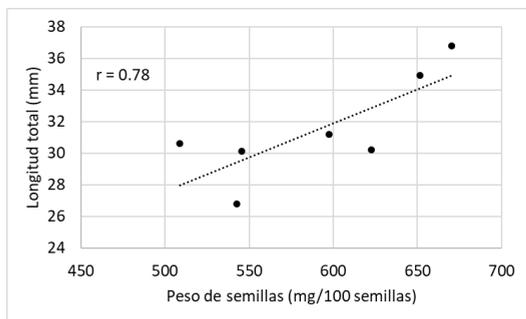


Figura 1. Relación entre la longitud total de plántula y el peso de semilla. $r =$ coeficiente de correlación de Pearson.

Figure 1. Ratio of total seedling length to seed weight. $r =$ Pearson correlation coefficient.

	PA100	PG	TG	LA	LR	LT
PA100	-	0,48	0,50	0,83*	0,67	0,78*
PG		-	1*	0,79*	0,53	0,68
TG			-	0,81*	0,55	0,70
LA				-	0,75	0,91*
LR					-	0,96*
LT						-

Tabla 6. Coeficientes de correlación de Pearson entre variables para poblaciones de *Piptochaetium napostaense*. PA100: peso de cien semillas, PG: poder germinativo, TG: tasa de germinación, LA: longitud de la parte aérea, LR: longitud de raíces, LT: longitud total. *p < 0,05

Table 6. Pearson correlation coefficients between variables for populations of *Piptochaetium napostaense*. P100: weight of one hundred seeds, PG: germination power, TG: germination rate, LA: aerial part length, LR: root length, LT: total length. *p < 0,05

DISCUSIÓN

El peso de semillas puede presentar variaciones a nivel de poblaciones (Abbott et al., 2009, Das y Taliaferro 2009), y entre familia de medios hermanos (Boe, 2003). El uso de jardines de introducción o huertos semilleros de las poblaciones en *P. napostaense*, permite disminuir la variabilidad ambiental, por lo cual, las variaciones observadas de los atributos a evaluar, se asume que corresponden a variaciones a nivel genético (Zabala et al., 2011). Los valores de los coeficientes de variación en relación con PA100 a nivel de poblaciones, hace presumir que este atributo es un rasgo preservado. Se asume que PA100 permitiría ser usado como criterio de selección en planes de mejora para la especie (Armando, 2014; Giordano et al., 2013). El peso de las semillas es el resultado de la suma del embrión, los compuestos de reservas y las estructuras de dispersión. Para el caso de *P. napostaense*, los compuestos de reserva presentes en las semillas aumentarían el éxito de establecimiento a escala de individuos (Mazer, 1989; Westoby et al., 1990, 1992). Por esta razón, el peso de las semillas es un atributo analizado en estudios de variabilidad, debido al valor ecológico que presenta a nivel de especies y entre comunidades (Leishman et al., 1995; Zhang & Maun, 1990). Para el presente trabajo, el valor medio de P100 en P6 fue superior en un 20 % respecto de P1, la de menor valor. Semillas de mayor tamaño podrían aumentar el porcentaje de logro en el establecimiento de individuos.

Cambios a escala de poblaciones en caracteres cuantitativos como peso de semillas se puede generar en diferentes escalas de tiempo (Wright, 1976). La presión de selección puede generar incrementos en el peso, en pocos ciclos de selección, como en *Panicum coloratum* var. *makarikariense* (Giordano et al., 2013), aunque con resultados variables (Hussey & Holt, 1986; Wright, 1976). Para ambientes con restricciones abióticas, la existencia de variabilidad permite la selección del carácter en un plan de mejora. Para *P. napostaense*, aumentaría la capacidad de establecimiento a partir de germoplasma superior.

La dormición es un mecanismo presente en especies silvestres que inhiben el proceso de germinación. En *P. napostaense* está demostrado que las glumelas condicionan la germinación (Cabeza, 1989; Distel et al., 1992; Mayor et al., 2007). En el presente estudio, se determinó PG con la inclusión de las glumelas, por lo que el potencial de germinación podría aumentar. Diferentes especies nativas de amplia distribución comparten esta característica, como ocurre con *P. napostaense* (Nagahama et al., 2016; Rotundo, 2005; Rotundo et al., 2015; Schrauf et al., 1998).

El régimen de precipitaciones es uno de los factores que modifica las condiciones edáficas de los suelos. La germinación es un factor que presenta variabilidad según el régimen pluviométrico (Endler, 1986, Nagahama et al., 2016). Para *P. napostaense* la variabilidad en el factor germinación no pudo ser atribuida con la distribución de las lluvias. Zabala et al. (2011) atribuye efectos genéticos y ambientales en el género *Leptochloa*.

La distribución geográfica de *P. napostaense* se extiende desde el noroeste de Argentina, en Catamarca hasta la meseta patagónica de Río Negro (Rúgolo de Agrasar et al., 2005). Los requerimientos en germinación para especies de amplia distribución geográfica son disímiles en su extensión (Kitchen & Monsen, 1994; Pannangpetch & Bean, 1984), lo que genera fuentes de

variación intra poblacional (Ferrari et al., 2002; Zabala et al., 2009a, b). En el estudio de las poblaciones para *P. napostaense*, el rango de distribución de las poblaciones estuvo limitado a la provincia de La Pampa, y además el área de colecta del germoplasma no presentó diferencias en los parámetros térmicos e hídricos, lo que supone condiciones similares de germinación.

El establecimiento de las especies a partir de semillas se genera a través de la germinación, y la competencia por los recursos disponibles cobra importancia en su éxito (Grime, 1979; Harper, 1977). Las poblaciones con altos valores de tasa de germinación dispondrían de un mejor uso de los recursos disponibles. La capacidad de germinar rápidamente podría estar asociada a adaptaciones fisiológicas que permitan un temprano establecimiento de plántulas ante mínimos pulsos de agua disponible. Para el caso de las poblaciones evaluadas, la distribución de las precipitaciones en la etapa de floración y fructificación podría favorecer a la población 6 del presente trabajo, a través de procesos como la selección natural (Silvertown & Doust, 1997). Así, en regiones con balance hídrico negativo, las precipitaciones marcan la dinámica en los procesos de germinación y establecimiento de las especies.

La producción de semillas a nivel de planta individual está condicionada por factores ambientales, sumado con el manejo previo y posterior a la cosecha (Vieira & Carvalho, 1994). El vigor de plántulas se relaciona con la tasa de germinación y su crecimiento inicial, que son influenciados por la capacidad de adaptación a estreses abióticos antes y después de producidas las semillas (Ferguson, 1995). La cohorte de semillas evaluadas de *P. napostaense* se generaron en las mismas condiciones ambientales y la evaluación de las plántulas con condiciones óptimas de crecimiento para la especie (Mayor et al., 2007). Los altos valores de variabilidad intraespecífica a nivel de población en las variables evaluadas no permitieron diferencias significativas entre las poblaciones.

Las poblaciones de *P. napostaense* presentaron valores similares en el vigor de plántula, que puede ser debido a la adaptación de la especie al ambiente (Millar & Libby, 1989; Nagy & Rice 1997; Waters et al., 2003). En ausencia de barreras geográficas, el flujo de genes es alto entre poblaciones con crecimiento a través de un continuo. Para el caso de las poblaciones evaluadas, la procedencia de estas presenta condiciones ambientales similares. La presión ejercida en los sitios de colecta por el ambiente no estaría generando cambios en la capacidad de establecimiento inicial de las poblaciones. El vigor inicial de plántulas en *P. napostaense* tendría una constitución genética similar por la adaptación de las condiciones ambientales (Tomás et al., 2000).

Las especies adaptadas a regiones semiáridas, por sus patrones de precipitaciones y de temperatura, presentan adaptabilidad al uso de los recursos (Norton et al., 2001; Waters et al., 2003). En las poblaciones de *P. napostaense*, la ausencia de variabilidad respecto al vigor de plántulas sugiere plasticidad fenotípica para el establecimiento de la especie (Tomás et al., 1997, 2000). La relación entre longitud de la parte aérea y extensión de raíces fue inferior a 1, asignando recursos a los tejidos subterráneos. Para especies como *P. napostaense*, adaptada a regiones semiáridas, se favorecería la competencia por el agua disponible, con profundización del nivel de las raíces, que logra acceder a niveles más estables de fuentes de agua (Wilson et al., 1976).

La selección para vigor de plántulas podría realizarse indirectamente a partir del peso de semillas. La relación positiva entre estas variables ha sido determinada para otras especies (Bretagnolle et al., 1995; Giordano et al., 2013; Moser, 2000; Trupp & Carlson, 1971; Westoby et al., 2002; Wright, 1976). La habilidad competitiva para la captura de recursos sería mayor en especies con semillas de mayor tamaño (Westoby et al., 2002)

En regiones áridas y semiáridas, las prácticas de incorporación de semillas son una alternativa para la rehabilitación (Blanco et al., 2005; Passera et al., 1992; Pérez et al. 2019; Quiroga et al., 2009). El logro en estas especies está relacionado con la capacidad de establecerse, incrementando su frecuencia en la comunidad (Corbin & D'Antonio, 2004). La ventaja que le otorgaría a especies como *P. napostaense* disponer de material genético con crecimiento inicial rápido, sería una mayor capacidad de repoblar áreas donde resulte necesario mejorar la condición del pastizal.

CONCLUSIONES

La selección por mejoramiento a partir del peso de semillas y germinación es una posibilidad en *P. napostaense*. A partir de los resultados obtenidos, la mejora por selección permitiría incrementar el éxito de establecimiento de nuevos individuos de la especie, cuando se pretenda reintroducirla en ambientes naturales.

La relación LA/LR fue similar entre poblaciones, indicando una constitución genética común para el crecimiento inicial de plántulas. Existiría una partición preferencial de las estructuras de reserva hacia el desarrollo radicular, en detrimento de la parte aérea. El agua disponible en los primeros centímetros de suelo y la temperatura de este, son factores determinantes para el crecimiento de las especies en regiones semiáridas. Para *P. napostaense*, la partición de asimilados favorecería la formación de raíces como estrategia para la supervivencia de la especie.

La selección de caracteres de manera simultánea es factible para *P. napostaense* entre peso de semillas y longitud total de plántula, por la relación positiva entre variables, pudiendo ser usado en programas de mejoramiento.

Los valores de germinación como resultado de las condiciones de luz y temperatura evaluadas en el presente trabajo para la especie, que fueron descritos como los óptimos para la especie, no se relacionaron con el peso de semillas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbott, L., Pistorale, S. y Andrés, A. (2009). Evaluación de los componentes del rendimiento en semilla mediante coeficientes de sendero en poblaciones de agropiro alargado. *Agriscientia*, 26(2), 55-62. <https://doi.org/10.31047/1668.298x.v26.n2.2754>
- Armando, L.V. (2014). Caracterización morfológica y molecular de *Panicum coloratum* var. *makarikariense* Goossens [Tesis de doctorado en Agronomía]. Universidad Nacional del Sur, Argentina. <http://repositoriodigital.uns.edu.ar/handle/123456789/463>
- Aronson, J., Floret, C., LeFloc'h, E., Ovalle, C., & Pontanier, R. (1993). Restoration and rehabilitation of degraded ecosystems in arid and semi-arid lands. I. A view from the south. *Restoration Ecology*, 1, 8-17.
- Bazzigalupi, O., Pistorale, S. M. y Andrés, A. N. (2008). Tolerancia a la salinidad durante la germinación de semillas provenientes de poblaciones naturalizadas de agropiro alargado (*Thinopyrum ponticum*). *Ciencia e Investigación Agraria*, 35(3), 277-285. <https://doi.org/10.4067/S0718-16202008000300005>
- Blanco, L. J., Ferrando, C. A., Biurrun, F. N., Oriente, E. L., & Namur, P. (2005). Vegetation responses to roller chopping and buffelgrass seeding in Argentina. *Rangeland Ecology and Management*, 58, 219-224. [https://doi.org/10.2111/1551-5028\(2005\)58\[219:VRTRCA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.2111/1551-5028(2005)58[219:VRTRCA]2.0.CO;2)
- Boe, A. (2003). Genetic and environmental effects on seed weight and seed yield in switchgrass. *Crop Science*, 43, 63-67. <https://doi.org/10.2135/cropsci2003.6300>
- Brançalon, P. H. S., Novembre, A. D. L. C., & Rodrigues, R. R. (2011). Seed development, yield and quality of two palm species growing in different tropical forest types in SE Brazil: Implications for ecological restoration. *Seed Science and Technology*, 39, 412-424. <https://doi.org/10.15258/sst.2011.39.2.13>
- Bretagnolle, F., Thompson, J. D., & Lumaret, R. (1995). The influence of seed size variation on seed germination and seedling vigour in diploid and tetraploid *Dactylis glomerata* L. *Annual Botany*, 76, 607-615. <http://www.jstor.org/stable/42764670>
- Cabeza, C. E. (1989). Efecto del déficit hídrico en la germinación, emergencia y crecimiento de plántulas de algunas gramíneas forrajeras nativas de Argentina, presentes en la provincia de La Pampa. [Tesis de Magister]. Universidad Nacional del Sur, Argentina.
- Cano, E. (1988). *Pastizales naturales de La Pampa*. Tomo I: Descripción de las especies más importantes. Convenio AACREA – Provincia de La Pampa.
- Corbin, J. D. y D'Antonio, C. M. (2004). Effects of exotic species on soil nitrogen cycling: implications for restoration. *Weed Technology*, 18, 1464-1467. <https://www.jstor.org/stable/3989672>
- Das, M. K., & Taliaferro, C. M. (2009). Genetic variability and interrelationships of seed yield and yield components in switchgrass. *Euphytica*, 167, 95-105. <https://doi.org/10.1007/s10681-008-9866-3>
- Di Rienzo J. A., Casanoves F., Balzarini M. G., Gonzalez L., Tablada M. y Robledo C. W. (2016) InfoStat versión 2016. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Distel, R. A., Peláez, D. V., & Fernández, O. A. (1992). Germination of *Piptochaetium napostaense* (sp.) Hackel and *Stipa tenuis* Phil. and seedling survival under field conditions. *Rangeland Journal*, 14(1), 49-55.
- Duyvendak, R., & Luesink, B. (1979). *Preservation of genetic resources in grasses*. Proc. Conf. Broadening Genet. Base Crops, 1978. Pudoc, Wageningen: 67-73.

- Endler, J. A. (1986). *Natural selection in the wild* (No. 21). Princeton University Press, Princeton.
- Ernst, R. D. y Morici, E. (2013). Banco de semillas germinable de gramíneas del Caldenal diferencias Pre y Post diseminación. *Revista de la Facultad de Agronomía UNLPam*, 22(Supl. 2) Congreso de Pastizales. <https://cerac.unlpam.edu.ar/index.php/semiarida/article/view/4450/4636>
- Ferguson, J. S. (1995). *An introduction to seed vigour testing, in Seed Vigour Testing*. Van De Venter H.A (ed.). International Seed Testing Association, Zurich, 1-9.
- Ferrari, L., Postulka, E. B. y López, C. (2002). Condiciones de germinación de semillas de *Briza subaristata* Lam. recolectadas en diferentes sitios de la Pampa Deprimida (Argentina). *Investigación Agraria: Producción y Protección Vegetales*, 17(1), 157-162.
- Ford-Lloyd, B., & Jackson, M. (1986). *Plant Genetic Resources: An Introduction to their Conservation and Use*. London: Edward Arnold Publishes.
- Giordano, M. C., Berone, G. D. y Tomas, M. A. (2013). Selection by seed weight improves traits related to seedling establishment in *Panicum coloratum* L. var. *makarikariense*. *Plant Breeding*, 132(6), 620-624. <https://doi.org/10.1111/pbr.12106>
- Grime, J. P. (1979). *Plant strategies and vegetation processes*. John Wiley & Sons. Chichester England.
- Hacker, J. B. (1984). Genetic variation in seed dormancy in *Digitaria milanjiana* in relation to rainfall at the collection site. *Journal of Applied Ecology*, 21, 947-959.
- Harper, J. L. (1977). *Population biology of plants*. Academic Press, London.
- Jorritsma-Wienk, L. D., Ameloot, E., Lenssen, J. P. M., & de Kroon, H. (2007). Differential responses of germination and seedling establishment in populations of *Tragopogon pratensis* (Asteraceae). *Plant Biology*, 9, 109-115. <https://doi.org/10.1055/s-2006-924524>
- Kitchen, S. G., & Monsen, S. B. (1994). Germination rate and emergence success in blue-bunch wheatgrass. *Journal of Range Management*, 47, 145-150.
- Leishman, M. R., Westoby, M., & Jurado, E. (1995). Correlates of seed size variation: a comparison among five temperate foras. *Journal of Ecology*, 83, 517-530.
- Maestre, F. T., Milliken, G. A., Stroup, W. W., & Bellot, J. (2001). Potential for using facilitation by grasses to establish shrubs on a semiarid degraded steppe. *Ecological Applications*, 11, 1641-1655.
- Manga, K. y Yadav, O. P. (1995). Effect of seed size on development traits and ability to tolerate drought in pearl-millet. *Journal of Range Management*, 29, 169-172.
- Mayor, M. D., Bóo, R. M., Peláez, D. V., Elía, O. R., & Tomás, M. A. (2007). Influence of shrub cover on germination, dormancy and viability of buried and unburied seeds of *Piptochaetium napostaense* (Speg.) Hackel. *Journal of Arid Environment*, 68, 509-521. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2006.07.005>
- Millar, C. I. y Libby, W. J. (1989). Disneyland or Native Ecosystem: Genetics and the Restorationist. *Restoration and Management Notes*, 7, 18-24.
- Moser, L. E. (2000). Morphology of germinating and emerging warm-season grass seedlings. In: K. J. Moore & B. E. Anderson (Eds), *Native Warm-Season Grasses: Research Trends and Issues*, 35-47. CSSA special publication number 30. Crop Science Society of America. American Society of Agronomy, Madison, WI. <https://doi.org/10.2135/cssaspecpub30.c3>
- Nagahama, N., García Martínez, G. C., Buduba, C. G., Opazo, W., Caruso, C. A. y 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(1), 89-98. <https://doi.org/10.31055/1851.2372.v51.n1.14417>
- Nagy, E. S., & Rice, K. J. (1997). Local adaptation in two subspecies of an annual plant: implications for migration and gene flow. *Evolution*, 51, 1079-1089.
- Norton, M. R., Garden, D., Waters, C., Whalley, R. B. D., Friend, D., Mitchell, M., Kobelt, E., Aurich, G., & Stanford, P. (2001). The native and Low input Grasses Network - Multi-site testing. Final report prepared for MLA.
- Pannangpetch, K., & Bean, E. W. (1984). Effects of temperature on germination in populations of *Dactylis glomerata* from NW Spain and Central Italy. *Annals of Botany*, 53, 633-639.
- Passera, C. B., Borsetto, O., Candia, R. J., & Stasi, C. R. (1992). Shrub control and seeding influences on grazing capacity in Argentina. *Journal of Range Management*, 12, 137-142.
- Pérez D. R., González, F.M., Ceba-Illós, C., Oneto, M. E., & Aronson, J. (2019). Direct seeding and outplantings in drylands of Argentinean Patagonia: estimated costs, and prospects for large-scale restoration and rehabilitation. *Restoration Ecology*, 27, 1105-1116. <https://doi.org/10.1111/rec.12961>
- Qiu, J., Bai, Y., Fu, Y. B., & Wilmshurst, J. F. (2010). Spatial variation thresholds during seed germination of remnant *Festuca hallii* populations across the Canadian prairie. *Environmental and Experimental Botany*, 67, 479-486. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2009.09.002>
- Quiroga, E., Blanco, L. y Oriente, E. (2009). Evaluación de estrategias de rehabilitación de pastizales áridos. *Ecología Austral*, 19, 107-117.
- Reddy, L. V., Metzger, R. J., & Ching, T. M. (1985). Effect of temperature on dormancy of wheat. *Crop Science*, 25, 455-458.

- Rotundo, J. L. (2005). Estudios poblacionales de *Poa ligularis*, una gramínea de zonas áridas amenazada por sobrepastoreo [Tesis doctoral] Universidad de Buenos Aires, Argentina.
- Rotundo, J. L., Aguiar, M. R., & Benech-Arnold, R. (2015). Understanding erratic seedling emergence in perennial grasses using physiological models and field experimentation. *Plant Ecology*, 216, 143-156. <https://www.istor.org/stable/24557694>
- Rúgolo de Agrasar, Z. E., Steibel, P. E. y Troiani, H. O. (2005). *Manual ilustrado de las gramíneas de la Provincia de La Pampa*. Ed. Universidad Nacional de La Pampa. Argentina.
- Sanderson, S. C., Stutz, H. C., & McArthur, E. D. (1990). Geographic differentiation in *Atriplex confertifolia*. *American Journal of Botany*, 77, 490-498.
- Schrauf, G. E., Martino, A., Giavedoni, J. y Pensiero, J. F. (1998). Efectos genéticos y ambientales sobre el comportamiento germinativo de poblaciones de Moha perenne. *Ecología Austral*, 8, 49-56.
- Silveertown, J., & Doust, J. L. (1997). *Introduction to plant population biology*. Blackwell Science, London.
- Tomás, M. A., Carrera, A. D., & Poverene, M. (2000). Is there any genetic differentiation among populations of *Piptochaetium napostaense* (Speg.) Hack (Poaceae) with different grazing histories?. *Plant Ecology*, 147, 227-235.
- Tomas P. A., Rivero M. N. y Tomás M. A. (2017). Caracterización de la variabilidad genética en germoplasma de *Melilotus albus* mediante marcadores moleculares ISSR y SSR. *Journal of Basic and Applied Genetics*, 28(1), 27-40.
- Trillo, T. A., & Carro, A. J. M. (1993). Germination, seed-coat structure and protein patterns of seeds from *Adenocarpus decorticans* and *Astragalus granatensis* growing at different altitudes. *Seed Science Technology*, 21, 317-326.
- Valadez-Gutiérrez, J., Mendoza-Onofre, L. E., Castillo-González, F., Córdova Téllez, L. y Mendoza-Castillo, M. C. (2011). Selección por tamaño de semilla y su efecto en la germinación de semilla y vigor de plántula de líneas mantenedoras de sorgo. *Agrociencia*, 45, 893-909.
- Vieira, R. D. y Carvalho, N. M. (1994). *Teste de vigor em sementes*. Funep/Unesp, Jaboticabal, Brasil.
- Waters, C. M., Melville, G. J., & Grice, A. C. (2003). Genotypic variation among sites within eleven Australian native grasses. *The Rangeland Journal*, 25(1), 70-84. <https://doi.org/10.1071/RJ03006>
- Westoby, M., Jurado, E., & Leishman, M. (1992). Comparative evolutionary ecology of seed size. *Trends in Ecology and Evolution*, 7, 368-372. [https://doi.org/10.1016/0169-5347\(92\)90006-W](https://doi.org/10.1016/0169-5347(92)90006-W)
- Westoby, M., Rice, B., & Howell, J. (1990). Seed size and plant growth form as factors in dispersal spectra. *Ecology*, 71, 1307-1315. <http://dx.doi.org/10.6084/m9.figshare.c.3297203>
- Westoby, M., Falster, D. S., Moles, A. T., Vesk, P. A., & Wright, I. J. (2002). Plant ecological strategies: some leading dimensions of variation between species. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 33, 125-159.
- Wilson, A. M., Hyder, D. N., & Briske, D. D. (1976). Drought resistance characteristics of blue grama seedlings. *Agronomy Journal* 68, 479-484.
- Wright, L.N. (1976). Recurrent selection for shifting gene frequency of seed weight in *Panicum antidotale* Retz. *Crop Science*, 16, 647-649.
- Zabala, J. M., Tomas, P. A., Schrauf, G. E., & Giavedoni, J. A. (2009a). Variation in seed germination between *Elymus scabrifolius* (Döll) J.H. Hunz. lines from different habitats. *Seed Science and Technology*, 37, 252-257.
- Zabala, J. M., Tomas, P. A., Schrauf, G. E. y Giavedoni, J. A. (2009b). Seed dormancy in *Elymus scabrifolius* (Döll) J.H. Hunz. *Seed Science & Technology*, 37, 248-251. <https://doi.org/10.15258/sst.2009.37.1.28>
- Zabala, J. M., Widenhorn, P., & Pensiero, J. F. (2011). Germination patterns of species of the genus *Trichloris* in arid and semiarid environments. *Seed Science and Technology*, 39, 338-353. <https://doi.org/10.15258/sst.2011.39.2.07>
- Zarina, A., Siddiqui, I. A., Shaukat, S. S., & Shaukat, R. (2005). Seed characteristics, germination and phenotypic plasticity of *Tephrosia uniflora* populations in southern Sindh. *International Journal of Biology and Biotechnology*, 2, 101-107.
- Zhang J., & Maun, M. A. (1990). Seed size variation and its effects on seedling growth in *Agropyron psammophilum*. *Botanical Gazette*, 151, 106-113.