



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR**

TESIS DE MAGISTER EN CIENCIAS AGRARIAS

Aportes a la domesticación de una gramínea perenne nativa:  
*Piptochaetium napostaense*.

Fernando PORTA SIOTA

BAHIA BLANCA

ARGENTINA

2021

## PREFACIO

Esta Tesis se presenta como parte de los requisitos para optar al grado Académico de Magíster en Ciencias Agrarias, de la Universidad Nacional del Sur y no ha sido presentada previamente para la obtención de otro título en esta Universidad u otra. La misma contiene los resultados obtenidos en investigaciones llevadas a cabo en el ámbito de INTA EEA “Ing. Agr. Guillermo Covas” ANGUIIL durante el período comprendido entre el 9 de noviembre de 2018 y el 2 de julio de 2020, bajo la dirección del Dr. Ernesto MORICI, de la Universidad Nacional de La Pampa y la Co-dirección del Dr. Roberto DISTEL.

Fernando PORTA SIOTA  
[portasiota.fernando@inta.gob.ar](mailto:portasiota.fernando@inta.gob.ar)



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR

Secretaría General de Posgrado y Educación Continua

La presente tesis ha sido aprobada el ....../....../..... , mereciendo la calificación de  
.....(.....)

## AGRADECIMIENTOS

En estas líneas, quiero expresar mi agradecimiento a quienes han tomado la responsabilidad de dirigirme en esta Tesis. A Roberto Distel en su rol de codirector, quien desde el primer momento en que me puse en contacto con él, ha estado disponible para lo que le solicité, con la lectura crítica de los manuscritos desde sus inicios. Ha sido además, un pilar fundamental para cumplir con los trámites que requiere la formación de posgrado, a sabiendas de las complicaciones que la distancia ocasiona en estos casos.

A Ernesto Morici, el Dr. Ernesto Francisco Atilio, para algunos quienes compartimos trabajo desde hace unos años, por estar siempre predispuesto a darme una mano en cuanto esté a su alcance. Su “agenda” siempre está cargado de actividades, pero eso no ha sido impedimento para estar disponible en cuanta ocasión haya necesitado de él.

A medida que nos comenzamos a especializar en diferentes áreas, se adquieren diferentes conocimientos relacionados con la temática de trabajo, e indefectiblemente ignora de otros. En el proceso de confección de la tesis, y en especial a la hora del análisis y la redacción, cobra importancia la ayuda que he recibido por parte de mis compañeros de la institución a la que pertenezco. Corresponde hacer una distinción para Yanina Bellini, quien desinteresadamente estuvo en cada momento que solicité de su apoyo, para la confección de los diferentes mapas utilizados a lo largo de toda la tesis. También se merece unas líneas el Ing. Agr. Francisco Babinec, quien es consultado a diario para la parte estadística y de diseño.

Agradecer a mis evaluadores, quienes con sus aportes enriquecieron el manuscrito con sus aportes y comentarios.

En cuanto a la posibilidad de formarme y capacitarme, el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, institución a la que pertenezco desde 2014, me ha permitido a través de sus diferentes programas de formación, realizar la totalidad de los cursos necesarios para la realización de la maestría, así como financió en su totalidad los gastos incurridos en la realización de la tesis.

Por último, un agradecimiento especial para Horacio Petruzzi, o Coco como la mayoría lo conocemos. En lo formal, Coco ha sido mi director de Beca

en la Institución. Sin embargo, es la persona que me ha formado y acompañado en cada momento del trayecto de formación profesional. Por cuestiones ajenas a él, no pudo ser la persona que dirija el Posgrado, pero ha sido mi Director desde el primer día que comencé en INTA. Para él, un agradecimiento especial, y mi reconocimiento por su vocación para la formación de recursos humanos y su calidez de persona.

**¡Deseo disponer del tiempo necesario para retribuirle a la sociedad todo lo que ha hecho por mí, desde mis inicios en la educación pública!**

## RESUMEN

El disturbio de los pastizales del Distrito del Caldén por el pastoreo del ganado en combinación con la ocurrencia de sequías y fuegos ha provocado la degradación de los mismos, en parte reflejada en el empobrecimiento de las gramíneas perennes clave del pastizal. Una alternativa para la recuperación de los pastizales es mediante la incorporación de semillas obtenidas para tal fin. No obstante, en la actualidad esta herramienta no se encuentra disponible debido a la inexistencia de programas de domesticación de gramíneas clave del Distrito del Caldén. El presente trabajo de tesis pretendió realizar un aporte mediante la descripción de la variabilidad genética de poblaciones en caracteres relacionados a la semilla para una de las especies clave, *Piptochaetium napostaense*. Se realizó la colecta de siete poblaciones de *P. napostaense*, y se caracterizaron los sitios de recolección por medio de censos florísticos y análisis de suelo. Las semillas de las siete poblaciones se sembraron en un jardín común con la finalidad de controlar efectos de ambiente materno. Las características evaluadas fueron el peso de semillas, germinación y vigor de plántulas. Se encontraron diferencias significativas entre las poblaciones en peso de semilla y germinación. Para las características evaluadas donde se encontraron diferencias, se destaca la población 6, con valores de peso de semillas de 651 mg por cada 100 semillas y porcentaje final de germinación del 62 %. No se encontraron diferencias significativas en relación a las características del vigor de plántulas entre las poblaciones. Se observó una relación positiva entre peso de semillas y altura aérea de plántula. La variabilidad encontrada en los atributos peso de semilla y germinación, permitiría el mejoramiento por selección, lo cual aumentaría la probabilidad de establecimiento de la especie al ser reintroducida en áreas donde se ha perdido a causa del manejo inadecuado del pastizal.

Palabras claves: domesticación, *Piptochaetium napostaense*, poblaciones, colecta de semillas, variabilidad genética, peso de semillas, germinación, vigor de plántula.

## ABSTRACT

The disturbance of Caldenal's grasslands by livestock grazing in combination with the occurrence of drought and fire has caused their degradation, partly reflected in the impoverishment of key perennial grasses. An alternative for grassland recovery is by incorporating seeds obtained for this purpose. However, at present this tool is not available due to the absence of programs to domesticate key grasses of the Caldenal. The present thesis work aimed to make a contribution by describing the genetic variability of populations in characters related to the seed for one of the key species, *Piptochaetium napostaense*. The collection of seven populations of *P. napostaense* was carried out, and the collection sites were characterized through floristic censuses and soil analysis. The seeds of the seven populations were sown in a common garden in order to control the effects of the maternal environment. The evaluated characteristics were seed weight, germination and seedling vigor. Significant differences were found between populations in seed weight and germination. Differences were found, population 6 stood out, with values of seed weight of 651 mg per hundred seeds and final germination percentage of 62%. No significant differences were found in relation to the characteristics of the seedling vigor between the populations. A positive relationship between seed weight and total seedling height was observed. The variability found in the attributes seed weight and germination, would allow the improvement by selection, which would increase the probability of establishment of the species when it is reintroduced in areas where it has been lost due to the inadequate management of the grassland.

Key words: domestication, *Piptochaetium napostaense*, populations, seed collection, genetic variability, seed weight, germination, seedling vigor.

## INDICE

<b>PREFACIO</b> .....	II
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	III
<b>RESUMEN</b> .....	V
<b>ABSTRACT</b> .....	VI
<b>INDICE</b> .....	VII
<b>INDICE DE FIGURAS</b> .....	IX
<b>INDICE DE TABLAS</b> .....	X
<b>CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN GENERAL.</b> .....	12
Pastizales en el mundo.....	12
Pastizales áridos y semiáridos de la región central de Argentina.....	13
Manejo del pastizal. ....	14
Domesticación y mejoramiento de especies forrajeras.....	16
Características de la especie en estudio. ....	18
El género.....	18
La especie. ....	19
Hipótesis.....	20
Objetivo general.....	20
Objetivos específicos.....	20
<b>CAPÍTULO 2. COLECTA DE GERMOPLASMA Y CARACTERIZACIÓN DE LOS SITIOS DE RECOLECCIÓN.</b> .....	21
Introducción. ....	21
Materiales y Métodos .....	23
Colecta de germoplasma.....	23
Caracterización del clima de las subregiones del Distrito del Caldén .....	23
Caracterización de los sitios de recolección.....	25
Resultados y discusión .....	29
<b>CAPÍTULO 3. ESTUDIO DE LAS POBLACIONES. VARIABILIDAD DEL GERMOPLASMA</b> .....	34
Introducción. ....	34
Materiales y métodos. ....	38
Evaluación de las poblaciones.....	38

Evaluación de los genotipos seleccionados .....	41
Peso de semillas. ....	41
Germinación. ....	41
Vigor de plántulas. ....	42
Análisis estadístico. ....	42
De las poblaciones. ....	42
De los genotipos seleccionados .....	42
Resultados y discusión. ....	43
Evaluación de las poblaciones. ....	43
Evaluación de los genotipos seleccionados. ....	44
Peso de semillas. ....	44
Germinación. ....	49
Porcentaje de germinación .....	49
Tasa de germinación .....	52
Vigor de plántulas. ....	54
Coefficientes de correlación. ....	56
<b>CAPÍTULO 4. CONCLUSIONES.</b> .....	<b>59</b>
<b>REFERENCIAS</b> .....	<b>62</b>



**INDICE DE FIGURAS**

Figura 2.1. Mapa de la provincia de La Pampa mostrando los sitios de colecta de germoplasma de las siete poblaciones de <i>Piptochaetium napostaense</i> bajo estudio.....	27
Figura 3.1. Biomasa aérea acumulada ( $\text{g MS.pl}^{-1}$ ) para dos momentos de corte del año 2015 (a) y 2016 (b) en 7 poblaciones de <i>Piptochaetium napostaense</i> y genotipos seleccionados. Las barras en los extremos corresponden al error estándar. ....	44
Figura 3.2. Peso de 100 semillas (P100) para 42 genotipos correspondientes a 7 poblaciones de <i>Piptochaetium napostaense</i> . Letras distintas expresan diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) entre los genotipos comparados. Las barras en los extremos corresponden al error estándar. ....	48
Figura 3.3. Relación entre la longitud total de plántula y el peso de semilla. $r =$ coeficiente de correlación de Pearson.....	57

## INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Precipitaciones por estación (mm) y anual (mm), temperatura media (°C) por estación y anual, meses con temperatura media mínima y máxima (°C), humedad relativa del ambiente por estación (%), fecha media de primera y última helada y sus variaciones y período libre de heladas de las subregiones de mesetas y valles, de colinas y lomas y de acumulaciones arenosas combinadas con mesetas residuales en el Distrito del Caldén. ....	24
Tabla 2.2. Escala de abundancia-cobertura de Braun-Blanquet. ....	25
Tabla 2.3. Lista de especies de árboles, arbustos y sub-arbustos de los censos florísticos y porcentaje de abundancia-cobertura según la metodología Braun-Blanquet para los sitios de colecta de las poblaciones de <i>Piptochaetium napostaense</i> . Ciclo: P= perenne. ....	30
Tabla 2.4. Lista de especies de gramíneas y herbáceas de los censos florísticos y porcentaje de abundancia-cobertura según la metodología Braun-Blanquet para los sitios de colecta de las poblaciones de <i>Piptochaetium napostaense</i> . Ciclo: P= perenne, A= anual. ....	30
Tabla 2.5. Textura de suelo, clase textural, materia orgánica, pH y fósforo (P) disponible para cada sitio de colecta de las poblaciones de <i>Piptochaetium napostaense</i> . ....	33
Tabla 3.1. Valores medios de biomasa (g MS.pl <sup>-1</sup> ) y su error estándar para poblaciones de <i>Piptochaetium napostaense</i> en dos momentos de corte durante dos años consecutivos (2015 y 2016). . P1: población 1, P2: población 2, P3: población 3, P4: población 4, P5: población 5, P6: población 6, P7: población 7. Letras distintas dentro de cada columna indican diferencias significativas (p<0,05) entre poblaciones. ....	43
Tabla 3.2. Valores resumen del peso de 100 semillas (P100) para poblaciones de <i>Piptochaetium napostaense</i> . n: número de repeticiones, mg: miligramos, EE: error estándar, CV: coeficiente de variación, Mín: mínimo, Máx: máximo. P1: población 1, P2: población 2, P3: población 3, P4: población 4, P5: población 5, P6: población 6, P7: población 7. Letras distintas indican diferencias significativas (p<0,05) entre poblaciones. ....	44
Tabla 3.3. Valores resumen del porcentaje final de germinación (PG) para las poblaciones de <i>Piptochaetium napostaense</i> evaluadas. n: número de repeticiones, DE: desvío estándar, EE: error estándar, CV: coeficiente de variación, Mín: mínimo, Máx: máximo. . P1: población 1, P2: población 2, P3: población 3, P4: población 4, P5: población 5, P6: población 6, P7: población 7. Letras distintas indican diferencias significativas (p<0,05) entre poblaciones. ....	49

Tabla 3.4. Análisis de la varianza para la determinación del poder germinativo de las poblaciones de <i>Piptochaetium napostaense</i> . FV: fuente de variación, SC: suma de cuadrados, GL: grados de libertad, CM: cuadrado medio, F: estadístico de prueba.....	50
Tabla 3.5. Valores resumen de la tasa de germinación (TG) para 7 poblaciones de <i>Piptochaetium napostaense</i> . n: número de repeticiones, EE: error estándar, CV: coeficiente de variación, Mín: mínimo, Máx: máximo. P1: población 1, P2: población 2, P3: población 3, P4: población 4, P5: población 5, P6: población 6, P7: población 7. Letras distintas indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre poblaciones. ....	53
Tabla 3.6. Valores resumen correspondientes a altura aérea (mm) (AE), extensión de raíces (mm) (ER), longitud total (mm) (LT) y relación altura aérea/extensión de raíces (AE/ER) en plántulas de 7 poblaciones de <i>Piptochaetium napostaense</i> . P1: población 1, P2: población 2, P3: población 3, P4: población 4, P5: población 5, P6: población 6, P7: población 7, EE: error estándar, C.V: coeficiente de variación. ....	54
Tabla 3.7. Coeficientes de correlación de Pearson entre variables para poblaciones de <i>Piptochaetium napostaense</i> . P100: peso de cien semillas, PG: poder germinativo, TG: tasa de germinación, AE: altura aérea, ER: extensión de raíces, LT: longitud total. * $p < 0,05$ .....	57

## CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN GENERAL.

### PASTIZALES EN EL MUNDO.

Los pastizales naturales son uno de los principales tipos de vegetación en el mundo, cubriendo una superficie aproximada de 3 millones de km<sup>2</sup> (FAO, 2017). En Sudamérica se encuentran presentes en diversas regiones, entre ellas la región semiárida y la región patagónica en nuestro país (Sala *et al.*, 2013). Mayoritariamente son ecosistemas limitados por el agua, y la disponibilidad de ésta define su distribución espacial. El ecosistema pastizal se desarrolla en áreas donde las precipitaciones oscilan entre 150 y 1200 mm anuales y las temperaturas entre 0 y 25 °C (Whittaker, 1975).

Los pastizales contribuyen a la seguridad alimentaria, proporcionando una sustancial fracción al requerimiento nutricional de los rumiantes destinados a la producción animal (O'Mara, 2012). Las especies nativas de pastizales han evolucionado y se han adaptado a los cambios ambientales durante miles de años; sin embargo, pocos estudios han abordado su potencial para el suministro sostenible de forraje (Bradley St. Clair *et al.*, 2013). Los pastizales han demostrado ser beneficiosos en términos de estabilidad de la producción, mejora de la mineralización de nutrientes y aumento de la actividad de los microorganismos (por ejemplo, micorrizas) que promueven el crecimiento de las plantas. Además, los pastizales tienen el potencial de desempeñar un papel clave en la mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero, particularmente en términos de almacenamiento y secuestro de carbono global (O'Mara, 2012).

En ambientes áridos y semiáridos, bajo condiciones extensivas de pastoreo, el mantenimiento de una alta presión en años secos se asocia a la pérdida acelerada de la cubierta vegetal, erosión del suelo, y reemplazo de especies palatables por no palatables (Schlesinger *et al.*, 1990, Archer y Smeins, 1991, Fuls, 1992, O'Reagain y Scanlan, 2013). Los cambios a nivel florístico y edáficos pueden ser persistentes (Scheffer y Carpenter, 2003), y se vuelven reversibles con la aplicación de técnicas de restauración, las cuales implican mucho tiempo y esfuerzo (Whisenant, 1999, Suding y Gross, 2006, Tongway y Ludwig, 2011).

## PASTIZALES ÁRIDOS Y SEMIÁRIDOS DE LA REGIÓN CENTRAL DE ARGENTINA.

En la región central de Argentina, gran parte de la superficie se encuentra cubierta por pastizales naturales propiamente dichos (pastizales bajos y psamófilos) o bosques de *Prosopis* con pastizal, arbustales y matorrales con pastizal (Cano *et al.*, 1980, Cano 1988, Estelrich y Castaldo, 2014).

Estos ecosistemas han demostrado ser frágiles y fácilmente perjudicados por su sobreuso, y actualmente presentan algún grado de desertificación o deterioro. Algunos factores que han contribuido a esta situación han sido la deforestación, las altas cargas animales y las labranzas en zonas no agrícolas (Fernández y Busso, 1997).

La eco-región de Monte de llanuras y mesetas se extiende al este de la Cordillera de los Andes, desde la provincia de Mendoza, a lo largo de Neuquén y La Pampa, hasta la costa del océano Atlántico en Río Negro y del Nordeste de Chubut. Le corresponde las características de mayor aridez de Argentina. Prevalen paisajes de llanuras y extensas mesetas escalonadas. Con respecto a la vegetación, el jarillal predomina tanto en las mesetas como en los taludes de las terrazas fluviales y en las planicies bajas (Burkart *et al.*, 1999).

La Provincia del Espinal es una eco-región de la llanura chaco-pampeana. El paisaje predominante es de llanura plana a suavemente ondulada, ocupada por bosques bajos, sabanas y pastizales, convertidos hoy día en gran parte a la agricultura. El Espinal se divide en tres subregiones: Espinal del *Ñandubay*, el sector mesopotámico, de clima húmedo; el de los *Algarrobos*, el sector central subhúmedo, de transición entre La Pampa y el Chaco; finalmente, el del *Caldén*, sector semiárido, de transición entre la Pampa y el Monte. En este último, la presencia de pastizales bajos y psamófilos, y de bosques de *Prosopis caldenia* acompañado de pastizales, arbustales y matorrales con pastizal cubren la mayor parte de su superficie (Cano *et al.*, 1980, Cano, 1988, Estelrich y Castaldo, 2014). Esta subregión posee una elevada riqueza de especies en el estrato herbáceo, el cual en su condición prístina o con buen manejo está dominado por gramíneas perennes C<sub>3</sub> de alto valor forrajero. Entre las especies más abundantes se

encuentran *Poa ligularis*, *Piptochaetium napostaense*, *Nassella tenuis* y *Nassella longiglumis*.

#### MANEJO DEL PASTIZAL.

Una de las actividades de mayor importancia económica en el Distrito del Caldén es la cría de ganado doméstico (Nazar Anchorena, 1988). La introducción del ganado exótico se dio a mediados del siglo XIX (Cazenave, 1993), y su intensificación a partir de las primeras décadas del siglo XX generó grandes modificaciones en el sistema (Anderson, 1979, Estelrich *et al.*, 1997). A mediados del siglo XX se produjo un cambio importante en la región pampeana con el reemplazo de la ganadería ovina por la cría de vacunos que continúa actualmente. Estudios de estructuras de edades en bosques y pastizales del Distrito del Caldén han demostrado que este cambio produjo un aumento importante en las tasas de reclutamiento del caldén (*P. caldenia*), que casi se quintuplicó en el bosque abierto, mientras que fue 12 veces mayor en el pastizal (Dussart *et al.*, 1998). El pastoreo del ganado doméstico es señalado como uno de los principales factores que producen cambios estructurales y funcionales en los pastizales naturales del Distrito del Caldén (Morici *et al.*, 2003, Estelrich *et al.*, 2005, Morici *et al.*, 2006, Morici *et al.*, 2009, Distel, 2016). Debido al sobrepastoreo de las gramíneas forrajeras se ha producido un aumento en la abundancia de gramíneas no forrajeras y leñosas. Las especies gramíneas nativas no forrajeras *Jarava ichu* y *Nassella tenuissima*, entre otras, han aumentado su rango de distribución y de abundancia dentro del estrato gramíneo (Llorens, 1995, Busso, 1997, Menéndez y La Rocca, 2006, Morici *et al.*, 2009), generando una disminución en la receptividad de los establecimientos ganaderos al disminuir la diversidad vegetal y la productividad forrajera (Menéndez y La Rocca, 2006, Morici *et al.*, 2009).

El fuego es un componente natural del sistema y puede ser utilizado como herramienta de control para el manejo de especies indeseables en el pastizal, logrando un mejor aprovechamiento del pastizal natural (Rabotnikof *et al.*, 2013). Entre las utilidades que tiene el fuego en el manejo de los pastizales, por medio de quemas prescriptas, se pueden mencionar: reduce la cantidad de combustible presente, evitando futuros incendios (Nazar Anchorena, 1990, Sipowicz, 1994), elimina el material

senescente de las especies no forrajeras permitiendo la utilización de los rebrotes para la alimentación del ganado (Llorens y Frank, 1999) y crea condiciones de luz y espacio para que se active el banco de semillas del suelo (Morici *et al.*, 2009, Benech- Arnold *et al.*, 2014). Los incendios naturales, que generalmente ocurren en la estación cálida del año, modifican drásticamente el ecosistema, y cuando se salen de control pueden afectar miles de hectáreas.

La introducción del ganado doméstico provoca cambios en la estructura y dinámica de las comunidades, dependiendo de la intensidad y frecuencia de las defoliaciones (Facelli *et al.*, 1988, Milchunas *et al.*, 1988, Laycock, 1991). En el caso de los bosques de *P. caldenia*, esto ha llevado a la reducción de la receptividad ganadera (Estelrich y Cano, 1985, Cano *et al.*, 1988a,b, Llorens, 1995, Morici *et al.*, 1996, Estelrich *et al.* 2005, Estelrich y Castaldo, 2014) debido al reemplazo de especies (Bóo y Peláez, 1991, Distel y Bóo, 1996, Moretto y Distel, 1998, Morici *et al.*, 2009, Zapata *et al.*, 2015, Distel, 2016, Peinetti *et al.*, 2019).

El fuego y la historia de pastoreo influyen en la predominancia de un determinado grupo de especies en un sitio determinado (Distel y Bóo, 1996). *Nassella clarazii* y *Poa ligularis* serían las especies dominante en condiciones de exclusión o con bajas intensidades de pastoreo en los pastizales del sur de la provincia de La Pampa (Gallego *et al.*, 2004); mientras que, en la región central las especies dominantes serían *Koeleria permollis* y *Poa ligularis* (Cano *et al.*, 1990 a y b). Estas especies son sensibles al pastoreo selectivo y continuo, pero altamente competitivas en ausencia de éste, por lo que se las considera parte de la vegetación prístina (Cano, 1988; Cano *et al.*, 1990, Moretto y Distel, 1997). Ante la persistencia de un pastoreo no controlado estas especies serían reemplazadas en una primera instancia por otros pastos perennes más tolerantes al pastoreo selectivo y continuo, como *Nassella tenuis* y *Piptochaetium napostaense*. Finalmente, de seguir persistiendo el pastoreo intenso, continuo y selectivo, el grupo de especies señalado en último término sería reemplazado por pastos perennes de escaso valor forrajero (pajas, por ej. *Nassella tenuissima*) o por especies anuales. Sitios donde crecían *N. tenuis* y *P. napostaense* han sido transformados en arbustales cuando se dieron las condiciones para el establecimiento de plántulas de

arbustos debido a la falta o baja frecuencia del fuego y el pastoreo intenso. Las transiciones entre los estados descritos se podrían revertir a través de un manejo correcto del fuego, de la carga animal y del pastoreo (Llorens, 1995, Distel y Bóo, 1996, Morici *et al.*, 1996, Peinetti *et al.*, 2019).

La degradación que presentan actualmente los ecosistemas áridos y semiáridos a causa del uso antrópico es un problema serio, y la rehabilitación de éstas 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 (Gonzales y Dodd, 1979, Passera *et al.*, 1992, Blanco *et al.*, 2005). Cuando el banco de semillas de las especies nativas forrajeras se ha perdido o es muy escaso, la incorporación de las mismas a través de la siembra es una de las posibles técnicas que posibilitarían su reintroducción.

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.

#### DOMESTICACIÓN Y MEJORAMIENTO DE ESPECIES FORRAJERAS.

Las poblaciones vegetales pueden modificar su estructura genética y fenotípica a través de dos vías: interacciones genéticas con cambios ambientales (abióticos) e interacciones genéticas con otros organismos biológicos (bióticos). Ambos factores, que afectan la constitución genética de las poblaciones a menudo actúan de manera conjunta. Por ejemplo, los cambios genéticos asociados con el pastoreo pueden estar influenciados fuertemente por los niveles de humedad y fertilidad del suelo (Casler *et al.*, 1996). Los cambios referidos pueden ocurrir a lo largo de decenas de años (e.g., Snaydon, 1970) o en periodos más cortos de tiempo (e.g., Crossley y Bradshaw, 1968), lo cual dependería del grado de presión ambiental.



Los seres vivos pueden proporcionar presiones de selección que actúan generando cambios genéticos a nivel de poblaciones. Un buen ejemplo es el efecto del pastoreo en la constitución genética de las poblaciones de gramíneas. Varios autores describieron los efectos del pastoreo y el manejo del pastoreo en la productividad de los pastizales y la composición de las especies (Watkin y Clements, 1978; McNaughton *et al.*, 1982; Coleman *et al.*, 1989). Las gramíneas forrajeras co-evolucionaron con el pastoreo de grandes herbívoros (Stebbins, 1981), desarrollando rasgos que les permiten sobrevivir al disturbio por defoliación.

La domesticación es un proceso complejo donde existen varias etapas. Es considerada el punto final de un proceso que empieza con la exploración de las plantas silvestres, continúa con el cultivo de plantas seleccionadas desde las poblaciones silvestres, no genéticamente diferentes aún, y concluye en la fijación de características fenotípicas y genéticas que distinguen a las plantas domesticadas de las silvestres. Algunas de dichas características son la pérdida de la capacidad de dispersión (Koinange *et al.*, 1996), dormición (Wilson, 1981, Bruno, 2006), desgrane y el aumento de tamaño de algunas estructuras de la planta a cosechar (Cong *et al.*, 2002). A pesar de esta situación pueden existir plantas silvestres y cultivadas que no posean características fenotípicas distinguibles, pero que sus frecuencias alélicas en características sujetas a la selección humana sean diferentes. Estos cambios en frecuencias alélicas, producto de la selección dirigida, se pueden considerar como el principio del proceso de domesticación. Por otro lado, Gepts (2004) considera que la producción del cultivo es una condición necesaria, pero insuficiente para la domesticación (Carneiro, 2000).

Bajo la definición de domesticación (Isaac, 1970), pocas especies de forrajeras se han domesticado, debido a la incapacidad de distinguir visualmente la forma cultivada de la silvestre. Varias especies que han sido llevadas a cultivo, aún muestran características propias de especies que no culminaron el proceso de domesticación, como la caída de semillas de la inflorescencia y la dormición de las semillas, rasgos que se van eliminando a medida que avanza la domesticación de una especie (Harlan, 1975, Zohary, 1984).

En todo proceso de domesticación, para caracterizar la diversidad genética entre los individuos de una misma especie, se describen caracteres morfológicos mediante el

uso de descriptores fenotípicos. Estos descriptores se asocian, entre otros rasgos, con la producción y calidad de la semilla, la biomasa producida y el hábito de crecimiento. La importancia de estos descriptores es de importancia para el mejoramiento tradicional de las especies, y es una de las herramientas que se utiliza como primer paso en la descripción de una colección.

#### CARACTERÍSTICAS DE LA ESPECIE EN ESTUDIO.

##### El género.

*Piptochaetium* es un género americano distribuido desde el sur de Estados Unidos hasta el paralelo 43 en Chile y Argentina. La mayor concentración de especies se encuentra en América del Sur, en la estepa pampeana y la sabana mesopotámica-uruguaya (Parodi, 1944). En estas dos últimas regiones es un elemento importante de la vegetación, que puede aportar forraje natural de cierto valor alimenticio (Nicora y Rúgolo de Agrasar, 1987).

Las especies de *Piptochaetium* son hierbas perennes, cespitosas, con hojas lineales, subplanas o convolutas, características propias de las gramíneas mesotérmicas (Parodi, 1944, Sánchez Vega, 1991). Los caracteres vegetativos son muy constantes en el género y resulta difícil o imposible reconocer especies sobre la base de los mismos.

Las especies de *Piptochaetium* tienen un número básico  $x = 11$  (Parodi, 1958). Para las especies sudamericanas, recuentos de ocho especies resultaron ser todas diploides. Dichos recuentos fueron realizados por primera vez por Covas y Bocklet (1945) en *P. bicolor*, *P. napostaense*, *P. montevidense* y *P. uruguense*, y por Valencia y Costas (1968) en *P. ruprechtianum*, *P. hackeli* y *P. confusum*.

Dentro de los caracteres exomorfológicos del género, se mencionan entre otros, el antopodio y la arista. El antopodio es una estructura desarrollada en la base del antecio. De consistencia siempre rígida y de longitud apreciable (1-5 mm), agudo y punzante. La forma del antopodio se halla relacionada con la dispersión (Mujica-Sallés y Marchi, 1993). De acuerdo con las observaciones, la arista es generalmente hispídula, bigeniculada, con la porción basal o columna retorcida. La forma de la arista es filiforme. En cuanto a la duración de la arista, parece estar relacionada con la morfología del

antecio. Las especies como *P. napostaense* con antecio lenticular o obovoide, suelen tener arista frágil y fácilmente caediza.

La especie.

*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 disemina 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 términos generales, la especie presenta las siguientes características:

- planta de 20-60 cm de altura.
- cañas floríferas 3-nodos; nudos castaños o rojizos, comprimidos, glabros; entrenudos de 6,5-11 cm de largo. Vaina ceñidas al tallo, de 6,5-9,5 cm de largo, menores o iguales que los entrenudos, glabras. Láminas lineares, convolutas, de 20-30 cm de largo por 0,3-0,5 mm de ancho, agudas.
- panoja de 14-20 cm de largo por 4-6 cm de diámetro, de 10-20 espiguillas, con ramificaciones laxas, cilíndricas a levemente aplanadas. Espiguillas de 16-23 mm de largo por 1,5-2 mm de diámetro; glumas más largas que el antecio, de 15-25 mm de largo, acuminadas, violáceas en la zona central, hialinas hacia el margen, glabras.
- antecio cilíndrico, de (7-) 9-12 (-13) mm de largo por 1 mm de diámetro; lemma ligeramente ceñida por debajo de la corona, finamente estriada, glabra, con

ganchos hacia la porción superior; antopodio agudo de 3,5-6 mm de largo, cubierto por pelos castaños densos.

#### HIPÓTESIS.

Poblaciones de *P. napostaense* de la región central del país difieren entre sí en características relacionadas con la calidad de sus semillas, debido a la presión específica de factores bióticos y abióticos en el ambiente de crecimiento.

#### OBJETIVO GENERAL.

Describir la variabilidad genética de poblaciones de *P. napostaense* de la región del Espinal, en caracteres relacionados a la semilla.

#### OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Caracterizar la vegetación y el suelo de los sitios de colecta de las poblaciones en estudio.
- Caracterizar las poblaciones de *P. napostaense* en atributos relacionados al establecimiento de la especie: peso de semilla, germinación y vigor de plántula.
- Determinar si existe correlación entre los atributos peso de semilla, germinación y vigor de plántula.

## CAPÍTULO 2. COLECTA DE GERMOPLASMA Y CARACTERIZACIÓN DE LOS SITIOS DE RECOLECCIÓN.

### INTRODUCCIÓN.

La colecta de germoplasma busca como fin último tener representada la variabilidad genética de las poblaciones (Allard, 1970, Ford-Lloyd y Jackson, 1986). Los viajes de colecta suelen ser muy costosos, por las distancias que se necesitan recorrer, el tiempo que demanda la práctica y la cantidad de personas que se requiere para la misma.

En general, los protocolos para la recolección consideran a las especies en relación con su biología reproductiva (autógamas, alógamas, apomícticas), y el tipo de material que se pretende coleccionar. La variabilidad genética de las poblaciones depende del tipo de sistema reproductivo de la especie. Para *P. napostaense*, no se ha realizado el estudio de la biología reproductiva. Sin embargo, estudios del saco embrionario demostraron que la especie se reproduce sexualmente, confirmando la presunción de autogamia por la presencia de polen maduro en las anteras previa apertura de las glumelas del antecio, y sacos embrionarios fecundados y en desarrollo durante la maduración de las anteras (Tomás, 1999). La presunción de autogamia implica la realización de colectas para especies autógamas, respetando la distancia entre individuos y el número a coleccionar por población.

Diversos autores consideran que determinar el número de plantas a coleccionar para representar la variabilidad de la población involucra la consideración de varios factores (Brown, 1992, Schemske *et al.*, 1994). El tamaño de las poblaciones es variable, por lo que muchas veces es difícil determinar el número de plantas a coleccionar. En el caso particular de *P. napostaense* es una especie que, libre de pastoreo, crece a través de un continuo. La colecta de individuos debería realizarse respetando una distancia mínima de 2-3 m entre individuos, con el propósito de que no deriven de la misma planta madre. En los sitios en los que la especie es pastoreada, dependiendo de la intensidad y frecuencia, el crecimiento puede darse a nivel de planta aislada, por lo que cada individuo es considerado un genotipo independiente de su vecino.

Según las características del clima, edafología y vegetación, dentro del Distrito del Caldén se distinguen diferentes subregiones; la subregión de acumulaciones arenosas combinadas con mesetas residuales, la subregión de colinas y lomas, y la subregión de mesetas y valles (Cano *et al.*, 1980). La subregión de acumulaciones arenosas combinadas con mesetas residuales abarca una extensión de aproximadamente 14570 km<sup>2</sup>, y es la fracción ubicada al norte del Distrito del Caldén en La Pampa; la subregión de colinas y lomas tiene una extensión de aproximadamente 7600 km<sup>2</sup>, se sitúa al sur de la subregión de acumulaciones arenosas y al norte de la subregión de mesetas y valles. Esta última, tiene una extensión de aproximadamente 24800 km<sup>2</sup>, siendo la subregión ubicada al sur dentro del Distrito del Caldén.

*Piptochaetium napostaense* se encuentra presente en diferentes comunidades vegetales dentro de cada una de las subregiones del Distrito del Caldén. En la subregión de acumulaciones arenosas combinadas con mesetas residuales la especie está presente en dos comunidades, el bosque abierto de *P. caldenia* con pastizal y en el pastizal de gramíneas psammófilas y no psammófilas con árboles aislados. En la subregión de colinas y lomas la especie se encuentra en el bosque abierto de *P. caldenia* con pastizal, y en los pastizales de gramíneas intermedias con arbustos. Por último, en la subregión de mesetas y valles la podemos encontrar en las comunidades de bosque de *P. caldenia* con pastizal y en los pastizales de gramíneas bajas con arbustos.

En las comunidades vegetales donde está presente *P. napostaense*, se pueden identificar diferentes situaciones según la abundancia de especies leñosas y la proporción de especies preferidas y no preferidas por el ganado doméstico como consecuencia de la historia de pastoreo (Distel y Bóo, 1996). Donde las especies preferidas abundan, la cobertura de leñosas es baja en los pastizales y el estrato herbáceo se compone de especies de porte bajo (*P. ligularis*, *N. tenuis*, *P. napostaense*, *Bothriochloa springfieldii*, *Trichloris crinita*, *Digitaria californica*).

En la colecta de semillas de poblaciones de plantas silvestres se requiere obtener material que represente la diversidad genética de la población a muestrear. Por otra parte, cuando se pretende crear colecciones de semillas para ser usadas en restauración de hábitat a gran escala, se debe considerar la recolección de muestras representativas de las poblaciones presentes en dicho hábitat. El muestreo de poblaciones en un amplio

rango de distribución geográfica de la especie, aumenta la variabilidad del material genético, permitiendo obtener material genético con potencial de adaptación al hábitat que se pretende restaurar (Gold *et al.*, 2004). Por lo expresado, la estrategia de colecta en *P. napostaense* fue obtener semillas de poblaciones que habitan en las distintas subregiones del Distrito del Caldén, principalmente en comunidades de bosque abierto con pastizal y pastizal bajo debido a su valor forrajero.

El objetivo de esta parte de la tesis fue describir la colecta de germoplasma de *P. napostaense* y caracterizar los sitios de colecta de las poblaciones en estudio, en aspectos relacionados al clima, vegetación y suelo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Colecta de germoplasma

La colecta de germoplasma buscó disponer de una colección de poblaciones de *P. napostaense* de los ambientes de mayor valor forrajero en los que crece la especie en el Distrito del Caldén en la provincia de La Pampa. La colecta se realizó en diciembre de 2013. En primer lugar se realizó una selección de los ambientes de interés habitados por la especie, con ayuda de imágenes satelitales o de registros preexistentes, de manera de poder trazar las rutas a seguir para realizar la colecta. Las colectas se realizaron dentro de potreros, evitando áreas no representativas del pastizal, como banquinas o vías férreas (Hijmans *et al.*, 2000). Cada población colectada fue georeferenciada a través de GPS (Sistema de Posicionamiento Global). La colecta se realizó mediante muestreos masales con alta representatividad de individuos, con el fin de comprender la variabilidad de las poblaciones. El material genético colectado se acondicionó mediante la eliminación de arista y antopodio de las semillas, manteniéndolo en bolsas de papel madera a temperatura ambiente.

### Caracterización del clima de las subregiones del Distrito del Caldén

El clima es uno de los factores que más influye en el modelado del paisaje, en las características del suelo, la fisonomía de la vegetación y el potencial productivo de una región. La influencia de los elementos del clima como temperatura, humedad y luz, así como las interacciones del ecosistema local, son esenciales en el comportamiento de las

plantas (Cano *et al.*, 1980). Entre los elementos y factores del clima de importancia para regiones áridas y semiáridas se consideran la temperatura, precipitación, humedad atmosférica y viento. En el Distrito del Caldén, como factores limitantes de gran importancia se pueden citar las bajas precipitaciones y altas temperaturas. El clima de esta región es templado y semiárido, con precipitaciones estacionales y grandes amplitudes térmicas entre estaciones. Las condiciones climáticas varían de norte a sur y de este a oeste. La temperatura media anual del aire varía de 15 a 16 °C, la del mes más cálido (enero) de 23 a 25 °C y la del mes más frío (julio) de 7 a 9 °C. Existe una gran amplitud térmica estacional, con máximas absolutas por encima de 40 °C y mínimas absolutas por debajo de menos de -10 °C. La época de heladas se extiende de abril a noviembre, con un periodo libre de heladas de 160 a 210 días. Las precipitaciones están caracterizadas por una alta variabilidad interanual y estacional. La precipitación promedio anual varía entre 470 y 590 mm. Las lluvias anuales promedio son superiores en el sector oriental (alrededor de 600 mm) que en el sector occidental (alrededor de 400 mm). Existe un importante déficit hídrico en la parte más cálida del año. La velocidad media anual del viento es de 10 km/h, con mayor intensidad en la primavera, predominando la dirección sudoeste. Los factores y elementos del clima para cada subregión se muestran en la Tabla 2.1 (Cano *et al.*, 1980).

Tabla 2.1. Precipitaciones por estación (mm) y anual (mm), temperatura media (°C) por estación y anual, meses con temperatura media mínima y máxima (°C), humedad relativa del ambiente por estación (%), fecha media de primera y última helada y sus variaciones y período libre de heladas de las subregiones de mesetas y valles, de colinas y lomas y de acumulaciones arenosas combinadas con mesetas residuales en el Distrito del Caldén.

<b>Subregión de acumulaciones arenosas combinadas con mesetas residuales</b>					
Precipitaciones (mm)					
	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	Anual
	43	155	186	129	512
Temperatura (°C)					
	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	Anual
Temperatura media	8,2	16,1	23,1	14,9	15,6
Temperatura media mínima (julio)	7,5		Temperatura media máxima (enero)		24,2
Heladas					
Fecha media de primera helada	28 de abril			Variabilidad	20-25 días
Fecha media de última helada	29 de septiembre			Variabilidad	15-20 días
Período libre de heladas	200-210 días				
<b>Subregión de colinas y lomas</b>					
Precipitaciones (mm)					
	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	Anual



	67	166	193	160	586
Temperatura (°C)					
	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	Anual
Temperatura media	8,0	15,9	23,2	14,9	15,5
Temperatura media mínima (julio)	7,6		Temperatura media máxima (enero)		24,0
Heladas					
Fecha media de primera helada			24 de abril	Variabilidad	20-25 días
Fecha media de última helada			5 de octubre	Variabilidad	15-20 días
Período libre de heladas			200 días		
<b>Subregión de mesetas y valles</b>					
Precipitaciones (mm)					
	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	Anual
	55	139	145	132	471
Temperatura (°C)					
	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	Anual
Temperatura media	7,7	15,4	22,8	14,7	15,2
Temperatura media mínima (julio)	7,1		Temperatura media máxima (enero)		23,8
Heladas					
Fecha media de primera helada			8 de abril	Variabilidad	20-25 días
Fecha media de última helada			20 de octubre	Variabilidad	15-20 días
Período libre de heladas			160-170 días		

### Caracterización de los sitios de recolección.

En cada sitio de recolección de germoplasma, se delimitó un área de aproximadamente 100 m<sup>2</sup>, se caracterizó la vegetación a través de la riqueza florística y abundancia-cobertura de las especies utilizando el método de Braun-Blanquet (1979). En cada sitio de colecta, se realizaron dos censos de población. Para ello, se realizó un inventario florístico y se utilizó la escala de abundancia-cobertura mostrada en la Tabla 2.2. Para cada sitio se determinaron a su vez los porcentajes de cobertura de vegetación total, broza y suelo desnudo. Los porcentajes de cobertura de las gramíneas preferidas por el ganado se tomaron como el reflejo de la historia de pastoreo de los sitios.

Tabla 2.2. Escala de abundancia-cobertura de Braun-Blanquet.

Índice	Significado
R	Un solo individuo, cobertura despreciable.
+	Más de un individuo, cobertura muy baja.
1	Cobertura menor del 5 %.
2	Cobertura del 5 al 25 %.
3	Cobertura del 25 al 50 %.
4	Cobertura del 50 al 75 %.

## 5 Cobertura igual o superior al 75 %.

---

En cada sitio se realizó también un único muestreo de suelo, a una profundidad de 0-20 cm. Las muestras se analizaron para determinar pH, carbono orgánico, materia orgánica, fósforo y textura. Las determinaciones de pH se realizaron en pasta saturada de suelo (relación suelo: agua 1: 2,5), empleando agua destilada y realizando la medición luego de 2 h de reposo de la suspensión. Para la determinación de carbono orgánico se utilizó el método de oxidación húmeda (Walkley y Black, 1934), a partir del cual se estimó el porcentaje de materia orgánica. Para la determinación de fósforo disponible el método empleado fue Bray-Kurtz I (extracción con fluoruro de amonio – ácido clorhídrico) (Bray y Kurtz, 1945). Los valores de textura se obtuvieron a partir del método del hidrómetro de Bouyoucos y sus modificaciones (Bouyoucos, 1962).

Se colectaron semillas de 7 poblaciones (Figura 2.1), localizadas en el Distrito del Caldén en la provincia de La Pampa. Todas las poblaciones colectadas fueron evaluadas en la presente Tesis, por lo que se detalla a continuación las principales características de los sitios de donde se colectaron.

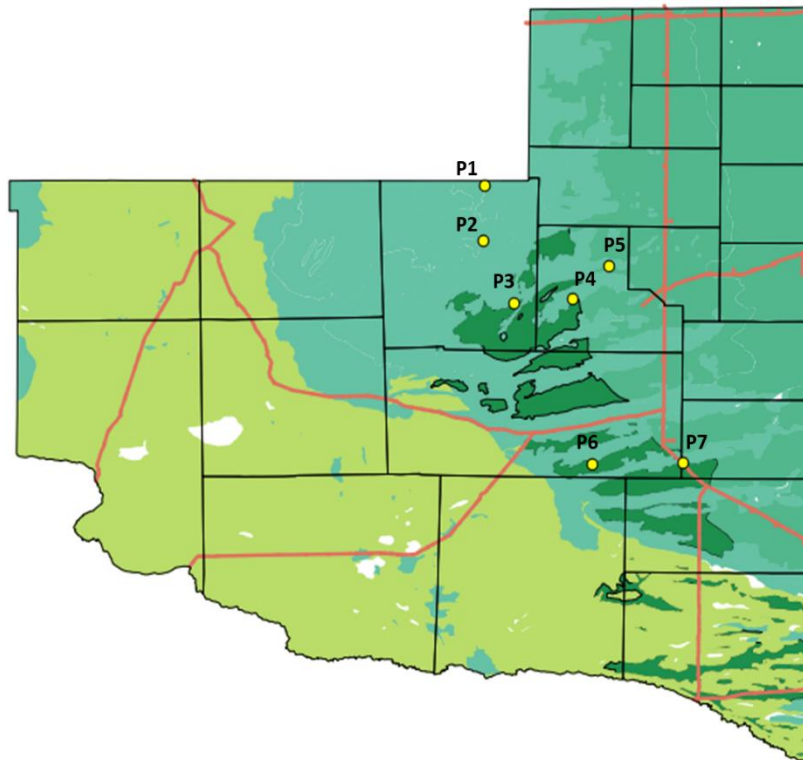


Figura 2.1. Mapa de la provincia de La Pampa mostrando los sitios de colecta de germoplasma de las siete poblaciones de *Piptochaetium napostaense* bajo estudio.

#### *Población 1*

Ubicación: Departamento Loventué, provincia de La Pampa, sobre Ruta Provincial N° 105, en el límite provincial de la provincia de La Pampa con la provincia de San Luis.

Coordenadas: 35° 59' 36.72" S; 65° 23' 39.81" O

Descripción del paisaje: bosque abierto de *P. caldenia*, con presencia de individuos jóvenes. Estrato herbáceo con presencia de gramíneas de metabolismo C4. La estructura de la vegetación se disponía en parches de leñosas y abras, donde crecían especies herbáceas. Los valores de cobertura de vegetación, broza y suelo desnudo fueron de 60 %, 30 % y 10 %, respectivamente.

#### *Población 2*

Ubicación: Departamento Loventué, provincia de La Pampa. A 10 km al sur de la localidad de Victorica, por Ruta Provincial N° 105.

Coordenadas: 36° 20' 30.3" S; 65° 23' 42.6" O

Descripción del paisaje: renoval de *P. caldenia* con presencia de arbustos. Pastizal en abras. Originalmente fue un pastizal, que ha sido invadido por ejemplares de *P. caldenia*, debido a disturbios ocasionados por incendios. Los valores de cobertura de vegetación, broza y suelo desnudo fueron de 70 %, 20 % y 10 %, respectivamente.

### *Población 3*

Ubicación: Departamento Toay, provincia de La Pampa. Establecimiento “La Invernada”, ubicado sobre la Ruta Provincial N° 14.

Coordenadas: 36° 42' 17.8" S; 64° 12' 58.5" O

Descripción del paisaje: ambiente de planicie con presencia de individuos de *P. caldenia* dispuestos de manera aislada. La fisonomía se presenta como un bosque de Caldén incipiente donde se inicia el proceso de invasión de leñosas, por la presencia de renuevos de *P. caldenia*. Los valores de cobertura de vegetación, broza y suelo desnudo fueron de 60 %, 20 % y 20 %, respectivamente.

### *Población 4*

Ubicación: Departamento Loventué, provincia de La Pampa. Sobre Ruta Provincial N° 14, 6 km al este de cruce con Ruta Provincial N° 105.

Coordenadas: 36° 42' 17.7" S; 65° 12' 05.5" O

Descripción del paisaje: pastizal con presencia de flechillas y renuevos de *P. caldenia*. No se observó la presencia de individuos adultos de *P. caldenia*, lo cual sugiere una condición de pastizal que estaba siendo invadido por leñosas. Los valores de cobertura de vegetación, broza y suelo desnudo fueron de 60 %, 35 % y 5 %, respectivamente.

### *Población 5*

Ubicación: Departamento Toay, provincia de La Pampa. Establecimiento Bajo Verde, Facultad de Agronomía de la UNLPam, ubicada sobre Ruta Provincial N° 12, a 40 km al oeste de Ruta Nacional N° 35.

Coordenadas: 36° 29' 37.3" S; 64° 37' 22.9" O

Descripción del paisaje: bosque de *P. caldenia* con incipiente invasión de leñosas. Estrato herbáceo con presencia de especies deseadas por el ganado, pero con baja abundancia-cobertura. Las plantas de *P. napostaense* se disponían en el estrato sin formar un continuo, debido a la historia de manejo del potrero. Los porcentajes de cobertura de vegetación, broza y suelo desnudo fueron del 55 %, 30 % y 15 %, respectivamente.

#### *Población 6*

Ubicación: Departamento Utracán, provincia de La Pampa. Establecimiento La Juana, ubicado sobre Ruta Provincial N° 11, a 22 km al sur de Ruta Nacional N° 152.

Coordenadas: 37° 37' 51.7" S; 64° 43' 24.3" O

Descripción del paisaje: pastizal de planicie invadido por renuevos de *P. caldenia*, a partir de los últimos veinte años. Planicies con muy poca pendiente, que se extienden por la región central del Espinal. El momento de la cosecha de frutos coincidió con grandes volúmenes de semilla disponible en el potrero. Los valores de cobertura de vegetación, broza y suelo desnudo fueron de 50 %, 30 % y 20 %, respectivamente.

#### *Población 7*

Ubicación: Departamento Guatraché, La Pampa. Km 211 de la Ruta Nacional N° 35, a 5000 m al norte de la localidad de Perú.

Coordenadas: 37° 37' 21.84" S; 64° 10' 02.10" O

Descripción del paisaje: pastizal de planicie con invasión de leñosas, degradado en cuanto a la condición del pastizal, debido al sobrepastoreo. Los frutos colectados no presentaban buen tamaño, debido al remanente foliar que fue poco para el año de colecta. Los valores de cobertura de vegetación, broza y suelo desnudo fueron de 50 %, 30 % y 20 %, respectivamente.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos de vegetación se muestran en las Tablas 2.2 y 2.3, donde se detalla la lista de especies censadas en los sitios de colecta y su respectivo valor de abundancia-cobertura expresado en porcentaje. Para la realización de la tabla, la escala de valores de abundancia-cobertura de Braun-Blanquet fue transformada a porcentaje de

abundancia-cobertura, para lo cual fue considerado el valor medio en porcentaje del rango expresado en la escala. Cuando el porcentaje era menor del 5 % de cobertura, correspondiente a los valores R, + y 1 de la escala, respectivamente, se optó por indicar el porcentaje exacto de la especie.

Tabla 2.3. Lista de especies de árboles, arbustos y sub-arbustos de los censos florísticos y porcentaje de abundancia-cobertura según la metodología Braun-Blanquet para los sitios de colecta de las poblaciones de *Piptochaetium napostaense*. Ciclo: P= perenne.

Especie	Ciclo	Sitio							
		1	2	3	4	5	6	7	
Porcentaje de abundancia-cobertura									
Arboles	<i>Prosopis caldenia (adultos)</i>	P	25	15	1,5	3	1	15	
	<i>Prosopis caldenia (jóvenes)</i>	P	1		1	1	3	1	
	<i>Prosopis flexuosa</i>	P				1			
	<i>Prosopis flexuosa</i> var. <i>Flexuosa</i>	P		1					
	<i>Schinus fasciculatus</i>	P		25					
Arbustos	<i>Austrobrickellia patens</i>	P					1		
	<i>Condalia microphylla</i>	P		25				1	
	<i>Discaria americana</i>	P				1		1	
	<i>Ephedra triandra</i>	P		1	1				
	<i>Lycium chilense</i>	P		1					
	<i>Lycium gilliesianum</i>	P		1					
	<i>Prosopidastrum globosum</i>	P		1		1			
Sub arbustos	<i>Baccharis artemisioides</i>	P	1				1		
	<i>Baccharis ulisina</i>	P		1	1	1	1	1,5	1
	<i>Baccharis crispa</i>	P	1			1	1		
	<i>Baccharis gilliesii</i>	P	1	1					
	<i>Solanun eleagnifolium</i>	P	1		1	1	1	1,5	1

Tabla 2.4. Lista de especies de gramíneas y herbáceas de los censos florísticos y porcentaje de abundancia-cobertura según la metodología Braun-Blanquet para los sitios de colecta de las poblaciones de *Piptochaetium napostaense*. Ciclo: P= perenne, A= anual.

Especie	Ciclo	Sitio							
		1	2	3	4	5	6	7	
Porcentaje de abundancia-cobertura									
Gramíneas	<i>Piptochaetium napostaense</i>	P	25	37,5	15	50	15	15	25
	<i>Amelichloa brachychaeta</i>	P						1,5	
	<i>Aristida subulata</i>	P		1					1
	<i>Bothriochloa springfieldii</i>	P	1			1	1	1	
	<i>Briza subaristata</i>	P					1		

	<i>Bromus brevis</i>	A	1	1	1	1	1	1	1
	<i>Digitaria californica</i>	P		1		1	1	1	1
	<i>Hordeum glaucum</i>	A			1				
	<i>Hordeum pusillum</i>	A				1			
	<i>Jarava ichu</i>	P		1	1		1		1
	<i>Nassella clarazii</i>	P			1				1
	<i>Nassella longiglumis</i>	P					1	1,5	
	<i>Nassella tenuis</i>	P		1				1	3
	<i>Nassella trichotoma</i>	P			1,5	1	1		1
	<i>Nassella tenuissima</i>	P	1	1	1,5	1	1	1,5	1
	<i>Panicum urvilleanum</i>	P	1						
	<i>Pappophorum caespitosum</i>	P						1	
	<i>Poa ligularis</i>	P	37,5	15	1,5	1	1	1	1
	<i>Setaria leucopila</i>	P		1				1	
	<i>Sporobolus cryptandrus</i>	P	1	1		1		1	
	<i>Trichloris crinita</i>	P		1					
Herbáceas	<i>Amaranthus sp.</i>	A	1						
	<i>Baccharis pingraea</i>	P	1						
	<i>Carduus nutans</i>	A			1,5				
	<i>Carduus thormeris</i>	A					1		1
	<i>Centaurea solstitialis</i>	A			1	1			1
	<i>Chenopodium álbum</i>	A					1		
	<i>Coniza bonariensis</i>	A			1	1	1	1	1
	<i>Daucus pusillus</i>	A					1	1	1
	<i>Diplotaxis tenuifolia</i>	P							1
	<i>Erodium cicutarium</i>	A			1		1	1	
	<i>Evolvulus sericeus</i>	P		1				1	
	<i>Gaillardia megapotamica</i>	P	1	1					
	<i>Gamochoaeta calviceps</i>	A					1	1	
	<i>Gphalium philippii</i>	A					1	1	
	<i>Heterotheca latifolia</i>	A	1,5	1					
	<i>Hirschfeldia incana</i>	A			1				
	<i>Hoffmannseggia glauca</i>	A						1	
	<i>Hypochaeris pampasica</i>	P			1	1			1
	<i>Lecanophora ecristata</i>	A	1						
	<i>Lepidium bonariense</i>	A						1	
	<i>Linaria canadensis</i>	P			1				
	<i>Medicago minima</i>	A			1	1	1	1,5	1
	<i>Nierembergia aristata</i>	P	1	1	1	1	1	1	1
	<i>Physalis mendocina</i>	A					1		
	<i>Plantago patagónica</i>	A		1	3	1	1	1	1,5
	<i>Polypogon tetraphyllum</i>	A					1		
	<i>Rhynchosia senna</i>	P					1	1	
	<i>Rielburnium richerdianun</i>	P					1		
	<i>Salsola kali</i>	A						1,5	

<i>Senecio ceratophylloides</i>	P		1	
<i>Silene antirrhina</i>	A		1	
<i>Sysimbrium altissimum</i>	A		1	
<i>Solanum juvenale</i>	P			1
<i>Sonchus asper</i>	A		1	
<i>Sphaeralcea sp.</i>	P	1	1	
<i>Turnera pinnatifida</i>	P			1
<i>Tragopogon dubius</i>	P		1	

Los sitios de colecta de las poblaciones de *P. napostaense* son coincidentes con los censos de vegetación descritos por Cano (1988a), en relación con la especie para ambas ocasiones. La presencia de *P. napostaense* en estos ambientes, luego de casi 30 años, sugiere que el manejo que se hace de los pastizales degrada su condición, pero la especie continúa formando parte del estrato herbáceo. La especie en estudio presentó valores variables de cobertura, pero relativamente altos en todos los sitios de colección. La colecta realizada en el año 2013 permitió obtener germoplasma de ambientes donde poblaciones de la especie forman parte del estrato herbáceo. La recolección de germoplasma representa el insumo básico para programas de mejoramiento genético de la especie, con el fin de reintroducirla en aquellas áreas donde en la actualidad no se encuentra o se encuentra en baja abundancia.

La abundancia-cobertura de las especies consideradas apreciadas por el ganado (*P. napostaense*, *P. ligularis*, *N. tenuis*) en conjunto superaron el 50 % de la cobertura en los sitios 1, 2 y 4 (Tabla 2.4). Para los demás sitios, los valores de cobertura oscilaron entre 16 % (sitio 5) y 29 % (sitio 7). En resumen, estos valores reflejan en mayor o menor medida el sobrepastoreo histórico al que han estado sometidos los distintos sitios de colecta de germoplasma.

Los sitios donde fueron colectadas las poblaciones corresponden a zonas de planicie, donde la densidad de leñosas era relativamente baja en la mayoría de los mismos. Para el caso del sitio 2, donde la cobertura de leñosas, dada por los árboles y arbustos, supera el 60 % de la cobertura, las especies forrajeras, y en particular *P. napostaense*, solo crecía en las abras. El aumento en la proporción de leñosas estuvo acompañado por una disminución en la abundancia relativa de gramíneas preferidas, lo cual se debería a la disminución de la emergencia de plántulas, y del crecimiento y



supervivencia de los individuos adultos (Kin *et al.*, 2004). A altos niveles de cobertura de especies leñosas el sombreado podría incidir en forma negativa sobre las gramíneas preferidas (Peláez *et al.*, 1992). En las comunidades vegetales del Distrito del Caldén el incremento en la proporción de leñosas provocaría cambios estructurales y funcionales en la vegetación (Llorens, 1995). En los sitios 1 y 2, el área de pastizales se presenta en forma de parches, disminuyendo la receptividad ganadera de los lotes. Con valores de cobertura de leñosas inferiores al 10 %, las gramíneas preferidas por el ganado no muestran disminución de su cobertura. Es este tipo de ambientes en donde se piensa la recuperación de *P. napostaense*, mediante la reintroducción de semillas.

Los parámetros edáficos evaluados en cada sitio se muestran en la Tabla 2.5.

Tabla 2.5. Textura de suelo, clase textural, materia orgánica, pH y fósforo (P) disponible para cada sitio de colecta de las poblaciones de *Piptochaetium napostaense*.

	Sitio						
	1	2	3	4	5	6	7
Textura (%)							
Arcilla + Limo	11,3	21,3	29,3	31,3	36,0	29,0	28,3
Arcilla	1,3	3,3	4,3	5,3	3,0	2,0	3,3
Limo	10,0	18,0	25,0	26,0	33,0	27,0	25,0
Arena	88,7	78,7	70,7	68,7	64,0	71,0	71,7
Clase textural	franco arenoso	franco arenoso	franco arenoso	franco arenoso	franco arenoso	franco arenoso	franco arenoso
Materia Orgánica (%)	0,70	0,7	2,4	1,3	2,1	1,1	1,6
pH	7,0	6,9	6,6	7,2	6,6	6,8	6,9
P (ppm)	33,8	29,5	6,4	18,1	5,0	8,8	13,4

Los parámetros del suelo analizados muestran homogeneidad en las clases texturales entre los sitios de recolección, indicando que los suelos franco-arenosos representan un ambiente edáfico físico propicio para el crecimiento de *P. napostaense*. Por otra parte, el ambiente edáfico químico fue muy variable en el contenido de materia orgánica y de fósforo disponible. Estos resultados muestran por un lado la capacidad de adaptación de la especie para crecer en ambientes con distinto nivel de fertilidad y de agua del suelo, esto último considerando el rol primario de la materia orgánica del suelo en la dinámica del agua. Por otro lado, reflejan al menos en parte diferentes historias de uso de los sitios de recolección.

## CAPÍTULO 3. ESTUDIO DE LAS POBLACIONES. VARIABILIDAD DEL GERMOPLASMA

### INTRODUCCIÓN.

Las especies nativas o naturalizadas de interés forrajero, son recursos disponibles para el desarrollo productivo en áreas marginales debido a su adaptación a condiciones específicas del ambiente. Entre los atributos evolutivos que se destacan de las poblaciones nativas es su adaptación a condiciones ambientales y de manejo, como son las sequías, suelos con poca fertilidad, suelos salinos y defoliaciones por pastoreo. Las características evolutivas promueven variabilidad genética y plasticidad fenotípica en las especies del pastizal. Así, la colección de ecotipos adaptados a diferentes condiciones ecológicas y de manejo, constituye una fuente de germoplasma que puede brindar variabilidad y plasticidad fenotípica para desarrollar programas de mejoramiento (Duyvendak y Luesink, 1979).

La variabilidad genética presente en las poblaciones de especies vegetales puede clasificarse en inter-específica, intra-específica e intra-poblacional, y es muy amplia en la naturaleza (Bradshaw, 1984, Briggs y Walters 1984). La variabilidad es afectada en sus distintos niveles por: a) el rango ecológico y geográfico de cada especie; b) la ubicación geográfica; c) la heterogeneidad ambiental y d) el sistema reproductivo de la especie. En la determinación de la cantidad de variación genética entre y dentro de poblaciones los factores a) y c) son los más importantes.

Cuando se pretende obtener nuevas variedades forrajeras, los esfuerzos se centran en la producción de forraje, la estacionalidad de la producción, la persistencia y los factores relacionados con la reproducción. Entre los factores de reproducción, la producción de semilla es uno de los factores de mayor interés, tanto para el mejorador como para los productores y empresas semilleras.

En el manejo de pastizales naturales, el banco de semillas constituye un elemento importante para el control de la dinámica vegetal, ya que permite la persistencia de las especies a lo largo del tiempo. Una práctica comúnmente recomendada es dejar descansar las áreas cubiertas por pastizal, manteniéndolas libres de pastoreo en el período de floración y diseminación de frutos, de manera que se

incorporen semillas al banco de semillas del suelo (Ernst y Morici, 2013). Esta práctica permite independizarse del agregado de semillas a las áreas de pastizal, manteniendo la dinámica de la vegetación. De ahí que los esfuerzos en mejorar especies nativas del pastizal deberían enfocarse en lograr el mayor éxito de establecimiento cuando las semillas son introducidas en nuevas áreas, de manera que en el corto plazo los nuevos individuos logren cumplir su ciclo, permitiendo la incorporación de los disemínulos al banco de semillas del suelo.

La germinación de especies no domesticadas y de valor agronómico es de considerable interés para estudios relacionados con la domesticación y el mejoramiento genético de especies de una amplia gama de familias de plantas, ciclo de vida, tipos y comunidades de plantas que exhiben diferencias en la germinación de semillas colectadas en diferentes lugares. Dependiendo de la especie, las respuestas de germinación varían con la latitud (Qiu et al. 2010), elevación expresada como metros sobre el nivel del mar (Trillo y Carro, 1993), humedad del suelo (Hacker, 1984), nutrientes del suelo (Zarina *et al.*, 2005), salinidad (Bazzigalupi *et al.*, 2008), temperatura (Sanderson *et al.*, 1990), tipo y densidad de cobertura vegetal (Brancalion *et al.*, 2011) y grado de alteración del hábitat de los sitios donde las semillas maduraron (Jorritsma-Wienk *et al.*, 2007, Zabala *et al.* 2009a).

Las variaciones en la respuesta de germinación de las especies se generan sobre amplias zonas geográficas u ocupando hábitats que difieren en los factores ambientales. Debido a esto, surge la siguiente pregunta: ¿Cuál es la razón de la variación en la germinación de las semillas? Una respuesta posible es que la variación está genéticamente establecida. Según Turesson (1922), la selección natural ocurre en los diversos sitios donde crece una especie, y esto resulta en la diferenciación genotípica local. El mismo autor propuso el concepto “ecotipo”, para aquel genotipo que se desarrolla en un hábitat particular. El resultado de la diferenciación ecotípica es que la variación dentro de una especie está correlacionada con las diferencias de hábitat.

El ambiente donde se cultiva la planta madre influye en la progenie del año siguiente (Roach y Wulff, 1987). En especies domesticadas como trigo, cebada y maíz esto se pone de manifiesto. El mejoramiento se realiza en su gran mayoría en un solo lugar, de manera de maximizar los recursos con los que se dispone, pero la evaluación

del material mejorado se realiza en diferentes lugares de manera simultánea. De esta manera, se corrobora la mejora del germoplasma en los sitios donde se lo pretende introducir. Para el caso de especies nativas se realizan estudios en jardines de evaluación en todo el rango de uso previsto del nuevo material.

Los primeros estudios de jardines comunes con cultivos de cereales contribuyeron al entendimiento que las condiciones bajo las cuales una planta madura podría tener fuertes efectos en el rendimiento de la próxima generación de plantas. El concepto "pre-acondicionamiento" se creó para describir este fenómeno. Aunque los requisitos de germinación de semillas *per se* no fueron el foco principal de los estudios de campo comunes de cereales, es de esperar que el pre-acondicionamiento también tenga un efecto sobre la germinación de semillas.

Para determinar si la variación en las respuestas de germinación encontradas en muchas especies se debe a la genética o al pre-acondicionamiento, Nelson *et al.* (1970) y Baskin y Baskin (1973) recomendaron que las semillas utilizadas en los estudios de germinación se recojan de plantas que se han cultivado en jardines comunes durante una o varias generaciones. Sin embargo, Quinn y Colosi (1977) sugirieron que las semillas deberían usarse después de una sola generación en un jardín común. Su idea es que los efectos de pre-acondicionamiento se perderían cuando las semillas maduren en un jardín común, y la variación restante en las respuestas de germinación se debería a diferencias genéticas. No obstante, las diferencias en las respuestas de germinación pueden deberse a una interacción entre la genética y el ambiente. Por ejemplo, algunas poblaciones de una especie pueden tener variabilidad genética que no se expresa en el hábitat natural, pero se expresa en un jardín común (Heslop-Harrison, 1959).

En base a los antecedentes, parece razonable que la información sobre la interacción entre la genética y el ambiente en el control de la variación en las respuestas de germinación pueda obtenerse probando semillas producidas por especies cultivadas en jardines de trasplante recíproco.

También resulta necesario considerar que las semillas de las poblaciones, plantas individuales o incluso una inflorescencia individual pueden variar continuamente en tamaño, masa, forma, color, etc. Como así mismo exhibir heteromorfismo, que es la producción de dos o más tipos de semillas / frutos claramente diferentes (a veces con

partes accesorias) por un solo individuo (Harper *et al.*, 1970, Harper, 1977, Mandak, 1997, Imbert, 2002).

Cruces entre tipos puros o verdaderos (Trow, 1912), variedades (Smith y Fitzsimmons, 1965, Voight *et al.*, 1966), clones (Hunt y Miller, 1965), formas de genotipos (Antonovics y Schmitt, 1986, Webb, 1986), cepas (Murphy y Frey, 1962), líneas endogámicas (Tedin, 1925, Leng, 1949) y cultivares (Williams y McGibbon, 1980) han demostrado que el tamaño y la morfología de las semillas en parte se heredan. Para varias especies con variación unimodal, se ha demostrado que la variación tiene un componente genético. Esta heredabilidad de la variación, especialmente para el tamaño / masa de la semilla, es de considerable interés para el mejoramiento de plantas cultivadas. Se han desarrollado líneas casi isogénicas de *Glycine max* que difieren en tamaño de semilla (Edwards y Hartwig, 1971), y el tamaño de semilla se ha incrementado en algunas especies como resultado de varios ciclos de selección recurrente (Fehr y Weber, 1968, Tomás *et al.*, 2016, Wright, 1976, Young y Tischler, 1994). Evidencia adicional de los efectos genéticos en la variación de semillas proviene de estudios de la cantidad de variación genética en las poblaciones de una especie.

La heredabilidad en sentido estrecho del tamaño de la semilla se ha determinado para varias poblaciones de *Capsella bursa-pastoris* (Hurka y Benneweg, 1979), y para sub muestras de una sola población de *Lupinus texensis* (Schaal, 1980) y de *Raphanus raphanistrum* (Stanton, 1984). Además, Waller (1982) usó datos de grupos de hermanos obteniendo una estimación del 26 % de la influencia genética y ambiental combinada en el tamaño de la semilla en la especie cleistogámica *Impatiens capensis*. Incluso en especies con una cantidad significativa de heredabilidad para la variación de semillas, el ambiente también puede ser importante para determinar el tamaño final y la forma de las semillas. Un ejemplo de ello es *Anthoxanthum odoratum*, estudiado por Antonovics y Schmitt (1986). En esta especie, aproximadamente el 17 % de la variación en la masa de semillas se debió a la genética materna, el 3 % a la genética paterna y el 80% a los efectos ambientales. Dado que el efecto de replicación (cruzada) de los padres maternos fue alto para la masa de semillas (16,5 %), el ambiente de crecimiento de la planta madre durante el tiempo de desarrollo de la semilla demostró tener un fuerte efecto.

Independientemente de la razón de la variación en el tamaño, la morfología y / o el color de las unidades de dispersión, estas diferencias pueden afectar el porcentaje

y la tasa de germinación, el momento de la germinación y el crecimiento y supervivencia de las plántulas.

Thompson (1990) encontró que el contenido de ADN nuclear en 131 angiospermas herbáceas se correlacionó positivamente con el tamaño de la semilla y negativamente con la temperatura media de germinación. Por otra parte, algunos autores han observado que las semillas pequeñas de algunas especies germinan en porcentajes más altos que las grandes (Mohamed *et al.*, 1985, Krishnasamy y Seshu, 1989). Sin embargo, bajo temperaturas de hábitat naturales o simuladas, las semillas grandes de muchas especies germinan en porcentajes más altos que las pequeñas (Naylor, 1980, Wulff, 1986, Cordazzo, 2002, Saeed y Shaukat, 2000,). En otras especies, la germinación es independiente del tamaño de la semilla (Aiken y Springer, 1995, Bretagnolle *et al.*, 1995). En síntesis, el efecto del tamaño de semilla sobre el porcentaje de germinación a nivel especie parece depender de la identidad de la misma.

En muchas especies, las semillas grandes dan lugar a plántulas que son más grandes que las producidas por semillas pequeñas (Bretagnolle *et al.*, 1995, Manga y Yadav, 1995). Una semilla grande tiene mayor cantidad de sustancias de reserva que una pequeña, cuya utilización favorecería a las plántulas en las primeras etapas de crecimiento.

El objetivo de esta parte de la tesis fue caracterizar las poblaciones de *P. napostaense* en atributos relacionados al establecimiento de la especie: peso de semilla, germinación y vigor de plántula. Así mismo determinar si existe correlación entre los atributos peso de semilla, germinación y vigor de plántula.

## MATERIALES Y MÉTODOS.

### Evaluación de las poblaciones.

En febrero de 2014, se pusieron a germinar 300 semillas pertenecientes a cada una de las poblaciones colectadas en diciembre de 2013, previa eliminación de arista y antopodio. Para favorecer el proceso de germinación, todas las semillas de las poblaciones fueron sometidas a un tratamiento pre-germinativo con exposición de las semillas a calor seco, con una temperatura de 90 °C durante 10 minutos, para disminuir la dormición presente en las semillas (Distel *et al.*, 1992, Kin *et al.*, 2004, Avila *et al.*,

2010). A medida que las semillas germinaban, visualizándose la radícula, se transferían a macetas. Para cada población, se mantuvieron en invernáculo 150 individuos, hasta la primavera siguiente.

En junio de ese mismo año, las plántulas de cada población fueron evaluadas en relación a su crecimiento. Se utilizó como variable de crecimiento, el número de macollos generado a los 110 días de puestas las semillas a germinar. Fueron seleccionados aquellos individuos que presentaban la mayor cantidad de macollos. En septiembre de ese mismo año, los 20 individuos de cada población con el mayor número de macollos, se trasplantaron al campo, manteniendo la individualidad de los mismos. Se definió un marco de plantación entre los individuos seleccionados de 30 cm entre individuos en una hilera, y 50 cm entre hileras, de manera tal de disminuir la competencia entre individuos, para que se expresara el potencial de cada ejemplar. El trasplante se realizó en un jardín de introducción perteneciente a la Estación Experimental Agropecuaria "Ing. Agr. Guillermo Covas", Anguil, del INTA. A partir de este momento, se evaluaron a campo los 140 individuos seleccionados, pertenecientes a las 7 poblaciones colectadas.

Durante el año de establecimiento de los individuos, se realizó un riego de asiento, y luego los ejemplares crecieron en condiciones de secano. Durante todo el proceso de evaluación de los individuos, los mismos se mantuvieron libres de malezas, eliminándolas de forma mecánica. A los 109 días de realizado el trasplante, se efectuó la primer evaluación. Las variables evaluadas fueron: altura aérea de planta (medida en cm desde el suelo hasta el ápice de la lámina más larga), biomasa aérea total, representada por la fracción vegetativa y reproductiva cortada a 4 cm del suelo y la cantidad de varas florales (Porta Siotta *et al.*, 2015).

Durante el año 2015, los genotipos se evaluaron en dos momentos, el 14 de agosto, donde se evaluó el crecimiento de otoño, y el 15 de diciembre, donde fue evaluado el crecimiento de primavera. Para la primera medición, se determinó la biomasa aérea producida entre el 5 de enero y el 14 de agosto y la altura de planta. También se estimó la superficie de corona de cada individuo, mediante la medición del diámetro de mata en dos mediciones, formando un ángulo de 90° entre sí. En la

evaluación del 15 de diciembre, se evaluó el crecimiento de primavera, comprendida entre el corte realizado el 14 de agosto y este último, se cuantificó la cantidad de varas florales producidas y se pesó la cantidad de frutos generados para el año en evaluación para cada genotipo (Porta Siota *et al.*, 2016). Finalmente, en el año 2016, la biomasa aérea producida en el período de crecimiento de otoño, se evaluó el 3 de mayo, adelantándose el momento de evaluación, con respecto al año anterior. Para la evaluación del crecimiento de primavera, la información se registró el 1º de diciembre de 2016. En esta última evaluación, se determinó la biomasa aérea producida, representada por la fracción vegetativa y reproductiva, y se cuantificó la cantidad de varas florales producidas (Ledesma *et al.*, 2017). Para el caso particular del año 2016 no se cuantificó la semilla producida, debido a que un golpe de calor afectó el llenado de los frutos, provocando el aborto de las semillas de todas las poblaciones evaluadas.

Con la información generada a lo largo de los primeros dos años de evaluación, se confeccionó un índice ponderado para cada individuo. Este índice consistió en asignarle un determinado valor a cada individuo, comprendido entre -1 y +1, para cada una de las variables analizadas. En cada caso se asignó un valor positivo o negativo cuando el valor medido superaba o estaba por debajo del valor promedio de todos los individuos evaluados, respectivamente. Esto permitió seleccionar para cada una de las 7 poblaciones, los 6 genotipos que presentaron los mayores valores en la sumatoria total de los índices medidos. En total, fueron utilizadas 9 variables para realizar la selección de los genotipos en las poblaciones. Las variables utilizadas fueron la biomasa aérea producida por estación de crecimiento, realizando 5 cortes; la cantidad de varas florales por planta en dos años consecutivos y la cantidad de semilla, expresada en gramos de semilla por planta, en dos años.

Para la presente investigación, se evaluaron los 6 individuos seleccionados, a partir de ahora denominados indistintamente genotipos, de cada una de las 7 poblaciones, arrojando un total de 42 genotipos evaluados. Las semillas utilizadas para las evaluaciones relacionadas con caracteres de semilla (peso de semillas, germinación y vigor de plántula), corresponde a la cohorte de semillas del año 2015.



## Evaluación de los genotipos seleccionados

### Peso de semillas.

Para evaluar la variabilidad en relación al peso de las semillas de las poblaciones y de los genotipos seleccionados de cada una de ellas, se determinó el peso de 100 antecios (P100). Las semillas cosechadas se acondicionaron eliminando manualmente la arista y el antopodio en cada uno de ellas. Las semillas se pesaron con una balanza analítica con un error de  $\pm 0,0001$  g. El valor medio para cada genotipo se obtuvo de 5 repeticiones. Los resultados del peso de semillas se expresaron en mg.

### Germinación.

El ensayo de germinación se realizó en marzo de 2018 utilizando una cámara de germinación, con un régimen de temperatura de 20 °C / 10 °C (día/noche) y un fotoperiodo de 9 h. Estas son las condiciones requeridas para lograr el óptimo de germinación en *P. napostaense* (Mayor *et al.*, 2007). Las semillas fueron puestas a germinar en cajas de Petri sobre papel humedecido, colocando 25 semillas por caja, con 5 repeticiones. Se consideró a la semilla germinada al visualizarse la radícula. Se efectuó el conteo de semillas germinadas cada 2 días, durante 21 días. Una vez germinada, la semilla fue removida de la caja. Se determinaron los siguientes parámetros de germinación:

- Porcentaje final de germinación (PG).
- Tasa de germinación (TG) calculada como el porcentaje ponderado. Este índice otorga un máximo a las semillas que germinan primero, disminuyendo la ponderación con el progreso del tiempo de germinación.

$$TG = \frac{(t_{final} * n_1 + t_{final-1} * n_2 + t_{final-2} * n_3 + \dots + 1 * n_{final}) 100}{t_{final} * N}$$

Dónde:  $n_1, n_2, n_3, \dots, n_{final}$  es el número de semillas que germinaron en el 1º, 2º, 3º hasta el día final del tratamiento;  $t_{final}, t_{final-1}, t_{final-2}, \dots, 1$  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 de plántulas.

Para la determinación del vigor de plántula se realizó un ensayo en placas de Petri en mayo de 2018. Para cada uno de los genotipos se colocaron 60 semillas y se determinaron los parámetros de crecimiento inicial de plántula a los 21 días. El ensayo se realizó utilizando una cámara de germinación, con un régimen de temperatura de 20 °C / 10 °C (día/noche) y un fotoperíodo de 9 h. Se determinó para cada plántula: altura aérea (AE), medida tomada desde el cuello de la plántula hasta su extremo; extensión de raíces (ER), medida desde el cuello hasta la raíz seminal más larga; y longitud total (LT) como la suma de AE + ER. Se determinó además, la relación AE/ER.

### Análisis estadístico.

#### De las poblaciones.

Los datos de biomasa aérea de las poblaciones se analizaron bajo un diseño de bloques al azar, según el siguiente modelo:

$$y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

donde  $i = 1, \dots, 7$ ;  $j = 1, 2$

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 %.

#### De los genotipos seleccionados

Los datos referidos a peso de semillas, germinación y vigor de plántulas se analizaron bajo un diseño anidado, según el siguiente modelo:

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

donde  $i = 1, \dots, 7$ ;  $j = 1, \dots, 6$ ;  $k = 1, \dots, 4$ .

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

A través del coeficiente de correlación de Pearson, se determinó la relación entre las variables analizadas en la presente investigación. El nivel de significancia utilizado

fue del 5 %. Los datos fueron analizados con el paquete estadístico INFOSTAT versión 2016 (Di Rienzo *et al.*, 2016).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

### Evaluación de las poblaciones.

La Tabla 3.1 muestra los valores medios de biomasa aérea acumulada por ciclo de crecimiento para los dos años de evaluación de las poblaciones de *P. napostaense*. Los resultados muestran que existen diferencias estadísticas entre las poblaciones en el crecimiento de otoño, para los dos años de evaluación. Sin embargo, no se observan diferencias entre las poblaciones para el crecimiento de primavera.

Tabla 3.1. Valores medios de biomasa aérea acumulada (g MS.pl<sup>-1</sup>) y su error estándar para poblaciones de *Piptochaetium napostaense* en dos momentos de corte durante dos años consecutivos (2015 y 2016). . P1: población 1, P2: población 2, P3: población 3, P4: población 4, P5: población 5, P6: población 6, P7: población 7. Letras distintas dentro de cada columna indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre poblaciones.

Población	2015				2016			
	14/08		15/12		03/05		01/12	
P1	29,0 ± 4,6	b	84,4 ± 8,8	a	35,7 ± 2,2	b	71,1 ± 7,4	a
P2	35,1 ± 5,0	ab	93,1 ± 8,8	a	38,5 ± 2,0	b	71,8 ± 7,3	a
P3	28,6 ± 3,5	ab	79,5 ± 8,8	a	45,6 ± 1,9	a	68,8 ± 7,4	a
P4	28,8 ± 3,3	ab	88,7 ± 9,5	a	48,2 ± 2,2	a	78,6 ± 7,2	a
P5	40,5 ± 4,6	a	93,5 ± 9,3	a	50,2 ± 2,1	a	72,8 ± 7,3	a
P6	28,9 ± 4,2	ab	87,3 ± 9,3	a	37,2 ± 2,0	b	79,4 ± 7,4	a
P7	28,2 ± 3,7	ab	98,7 ± 9,5	a	35,8 ± 2,1	b	80,6 ± 7,6	a

Los valores medios de biomasa acumulada de los individuos seleccionados fueron mayores al valor medio de las poblaciones de origen

En la selección de los individuos dentro de las poblaciones, los valores medios de biomasa acumulada por año fueron mayor a las poblaciones de origen (Figura 3.1 a y b). La selección de genotipos superiores en relación al aumento en la biomasa aérea producida, favorecería la reintroducción de material mejorado que aumente la oferta de biomasa aérea en los pastizales del Distrito del Caldén.

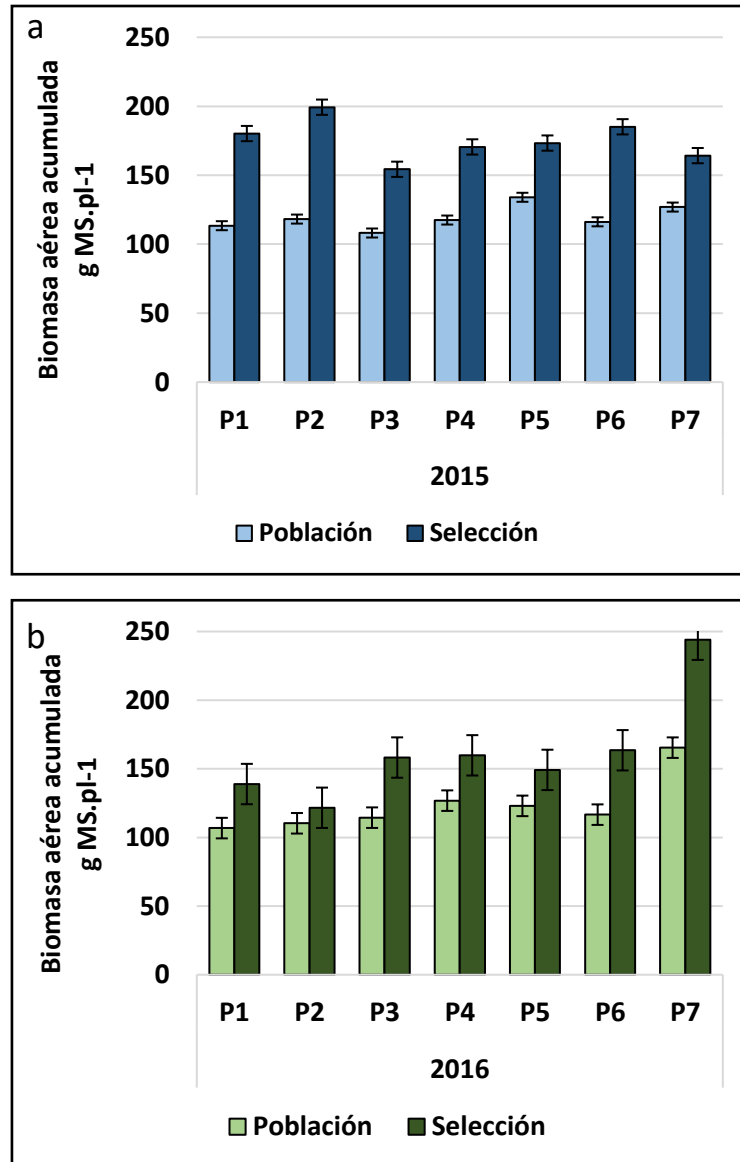


Figura 3.1. Biomasa aérea acumulada (g MS.pl-1) para dos momentos de corte del año 2015 (a) y 2016 (b) en 7 poblaciones de *Piptochaetium napostaense* y genotipos seleccionados. Las barras en los extremos corresponden al error estándar.

#### Evaluación de los genotipos seleccionados.

#### Peso de semillas.

La Tabla 3.2 contiene los valores resumen correspondiente al atributo peso de 100 semillas (P100). Los resultados mostraron que el P100 medio de las poblaciones osciló entre 508,8 mg (P5) y 670,3 mg (P3).

Tabla 3.2. Valores resumen del peso de 100 semillas (P100) para poblaciones de *Piptochaetium napostaense*. n: número de repeticiones, mg: miligramos, EE: error estándar, CV: coeficiente de variación, Mín: mínimo, Máx: máximo. P1: población 1, P2: población 2, P3: población 3, P4:

población 4, P5: población 5, P6: población 6, P7: población 7. Letras distintas indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre poblaciones.

Población	N	Media (mg)		EE	CV	Mín	Máx
P1	6	542,5	cd	11,0	10,9	458,7	649,2
P2	6	545,5	bcd	5,7	5,7	482,1	592,1
P3	6	670,3	a	9,7	7,9	561,5	750,3
P4	6	597,4	abc	7,0	6,3	515,0	645,7
P5	6	508,8	d	2,5	2,7	482,9	529,8
P6	6	651,5	a	11,2	9,5	553,3	768,6
P7	6	622,6	ab	5,0	4,5	578,2	688,5

Se observaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre las poblaciones para P100. Las poblaciones P3, P6, P7 y P4 no se diferenciaron entre sí, y superaron P100 al resto de las poblaciones.

La variabilidad observada en el peso de las semillas entre las poblaciones de *P. napostaense* evaluadas coincide con lo observado en otras gramíneas. Por ejemplo, Das y Taliaferro (2009) encontraron diferencias en el peso de las semillas entre 11 poblaciones de *Panicum virgatum*. Trabajando en la misma especie, Bortnem y Boe (1993) evaluaron la variabilidad en relación al P100, y encontraron diferencias entre 3 cultivares. Para la misma especie también se observaron diferencias en el peso de las semillas entre familias de medios hermanos de dos cultivares y entre cultivares (Boe, 2003). En un estudio con especies del género *Paspalum*, que involucró 25 genotipos apomícticos (23 híbridos de *Paspalum plicatulum* x *Paspalum leptum*, y 2 *Paspalum leptum*), Ramos Lopes *et al.* (2017) encontraron diferencias significativas para el P100, tanto a nivel de genotipo como la interacción genotipo x año. En *P. leptum*, Pereira *et al.* (2011) encontraron diferencias significativas en la interacción genotipo x año. Para el caso de las poblaciones evaluadas en esta tesis, correspondería continuar con el análisis de más cohortes, a los fines de determinar el efecto del año en el peso de las semillas, y si existe interacción entre factores.

En poblaciones naturalizadas de *Thynopirum ponticum* en la provincia de Buenos Aires, Argentina, se evaluaron los componentes de rendimiento de las poblaciones y se encontraron diferencias altamente significativas para rendimiento y peso de mil semillas (Abbott *et al.*, 2009). También, estudiando semillas pertenecientes a 72 poblaciones de *Aeschynomene americana* originarias de más de 17 países de América, Asia y África,

Zhang (1998) observó diferencias estadísticamente significativas en el peso medio de semillas entre poblaciones. En este último trabajo, las semillas de cada población se obtuvieron haciendo crecer 10 plantas por población durante una generación bajo similares condiciones en un jardín experimental, al igual que los genotipos de *P. napostaense* evaluados en esta investigación.

Zabala *et al.* (2011) evaluaron poblaciones del género *Trichloris* provenientes de zonas áridas y semiáridas (*Trichloris crinita*) y de zonas semiáridas (*Trichloris pluriflora*). Se evaluó la semilla proveniente de los lugares de origen así como la producida en los jardines comunes de introducción. Se encontraron diferencias altamente significativas en el peso medio de semillas entre las poblaciones de cada una de las especies, tanto para las semillas colectadas en el lugar de origen como en el jardín común. Los autores atribuyen las diferencias a efectos genéticos en la determinación del peso de semillas.

Los coeficientes de variación (CV) para las poblaciones estuvieron comprendidos entre 2,7 y 10,9 %. Las variaciones relativamente bajas en las poblaciones para este atributo hacen presumir que este es un rasgo preservado. Sadras y Slafer (2012), mencionan al tamaño del grano como un componente estable del rendimiento. Las diferencias encontradas en caracteres con poca variación como P100, harían exitosa la selección de germoplasma por tamaño de semilla (Trupp y Carlson, 1971, Hussey y Holt, 1986, Giordano *et al.*, 2013, Armando, 2014).

En el análisis de los genotipos seleccionados en las poblaciones, se observaron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ). El genotipo con mayor peso medio de semillas, le correspondió al identificado como 618, perteneciente a P6, con un valor medio para P100 de 740,4 mg; mientras que el genotipo que presentó el menor valor medio en peso de semillas, fue el 117, de P1, con un valor medio de 472,7 mg para P100. En la Figura 3.2 se muestran los valores medios pertenecientes al P100 de todos los genotipos evaluados. Los genotipos 618 y 309, pertenecientes a P6 y P3, respectivamente, fueron los que presentaron mayor peso medio de semillas y no se diferenciaron estadísticamente entre ellos.

Cuando se analiza el peso medio de semillas a nivel de genotipos, se puede observar que los 10 genotipos con el peso de semilla mayor, corresponden a 3

poblaciones (P3, P6 y P7). Dentro de los genotipos con mayor P100, P3 y P6 presentan 4 genotipos cada una, para este atributo. Se puede pensar que si el objetivo de la mejora en futuros programas se orienta a obtener material genético con valores en peso de semillas altos, convendría enfocar los esfuerzos en estas dos poblaciones.

El peso de las semillas, el cual expresa el potencial de las reservas disponibles para las consiguientes plántulas, se considera una característica importante que determina el éxito a nivel de planta individual (Mazer, 1989, Westoby *et al.*, 1990, 1992). Diversos estudios han sido conducidos sobre la variabilidad, importancia ecológica y evolución en el peso de semillas entre plantas de una población, entre especies o entre comunidades (Staton, 1984, Mazer, 1989, Zhang y Maun, 1990, Leishman *et al.*, 1995). Para las poblaciones de *P. napostaense*, la población 6, presentó un peso medio de semillas 20 % superior a la población que registró el menor valor. El diferencial de peso de P6 podría redundar en el establecimiento de mayor cantidad de individuos a favor de esta población.

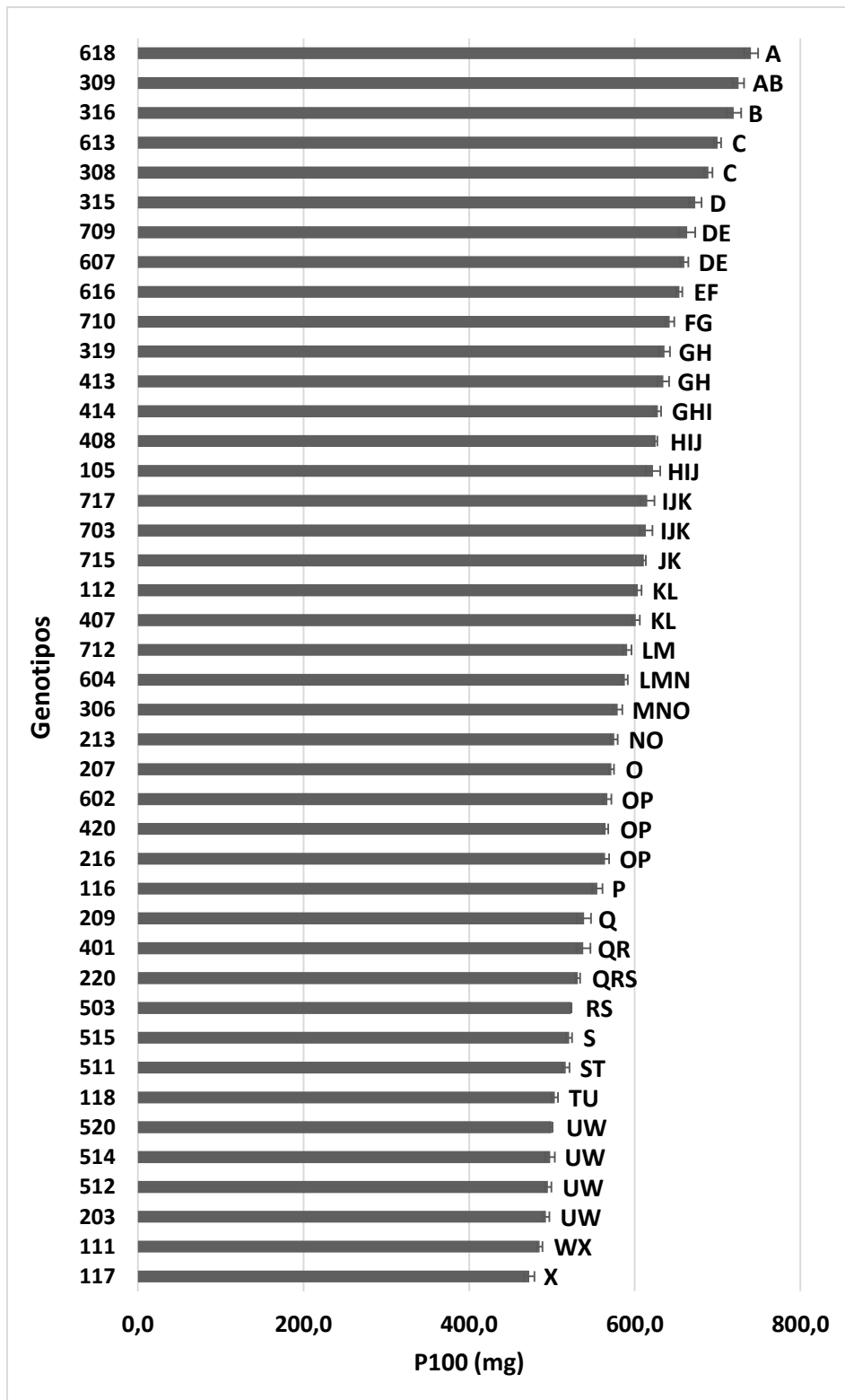


Figura 3.2. Peso de 100 semillas (P100) para 42 genotipos correspondientes a 7 poblaciones de *Piptochaetium napostaense*. Letras distintas expresan diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) entre los genotipos comparados. Las barras en los extremos corresponden al error estándar.

El peso de la semilla es un atributo cuantitativo, y cambios en las medias poblacionales a través de la presión de selección puede o no ocurrir rápidamente



(Wright, 1976). Giordano *et al.* (2013), trabajando en *Panicum coloratum* var. *makarikariense*, encontraron resultados positivos al ejercer presión de selección en dos ciclos de selección, pero en proporciones inferiores a otros estudios (Wright 1976, Hussey y Holt 1986). La existencia de variabilidad en este atributo en poblaciones de *P. napostaense* sería de utilidad para posibles programas de mejora de la especie, en la búsqueda de un material superior en cuanto a la capacidad de establecerse que tiene la especie en ambientes con restricciones abióticas.

## Germinación.

### Porcentaje de germinación

La Tabla 3.3 contiene los valores resumen correspondiente al porcentaje final de germinación (PG). Los resultados mostraron que el PG de las poblaciones osciló entre 30,8 % (P1) y 62,3 % (P6). Los valores mínimos y máximos fueron desde el 12 % para genotipos de P1, hasta el 96 % en genotipos de P6.

Tabla 3.3. Valores resumen del porcentaje final de germinación (PG) para las poblaciones de *Piptochaetium napostaense* evaluadas. n: número de repeticiones, DE: desvío estándar, EE: error estándar, CV: coeficiente de variación, Mín: mínimo, Máx: máximo. . P1: población 1, P2: población 2, P3: población 3, P4: población 4, P5: población 5, P6: población 6, P7: población 7. Letras distintas indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre poblaciones.

Población	n	PG (%)		EE	CV	Mín	Máx
P1	6	30,8	cd	2,65	42,1	12	64
P2	6	51,1	bcd	3,05	29,2	24	80
P3	6	47,3	a	3,05	31,5	24	76
P4	6	50,8	abc	3,73	35,9	20	88
P5	6	44,6	d	3,27	35,8	20	72
P6	6	62,3	a	3,36	26,4	24	96
P7	6	44,1	ab	3,20	35,4	20	80

El análisis de la varianza mostró diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) para el PG entre las poblaciones evaluadas (Tabla 3.4). La población P6 presentó el mayor PG pero no se diferenció estadísticamente de las poblaciones P2 y P4.

Tabla 3.4. Análisis de la varianza para la determinación del poder germinativo de las poblaciones de *Piptochaetium napostaense*. FV: fuente de variación, SC: suma de cuadrados, GL: grados de libertad, CM: cuadrado medio, F: estadístico de prueba.

FV	SC	GL	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	4,09	41	0,10	6,75	<0,001	
Población	1,48	6	0,25	3,32	0,0109	Población>Individuo
Población>Individuo	2,61	35	0,07	5,04	<0,001	
Error	1,86	126	0,01			
Total	5,95	137				

Las semillas de las especies silvestres comúnmente presentan mecanismos de dormición que inhiben la germinación. En el caso de *P. napostaense* se conoce que las glumelas que recubren las semillas pueden limitar la germinación de las mismas (Distel *et al.*, 1992, Mayor *et al.*, 2007). Las semillas de las poblaciones evaluadas en el presente trabajo no fueron despojadas de las glumelas, por lo que los valores de PG podrían ser superiores a los informados.

Las variaciones en PG entre poblaciones de una misma especie pueden obedecer a variaciones somáticas entre las semillas de una planta madre o a diferencias genéticas entre plantas de distintos fenotipos. Dado que en este estudio las poblaciones crecieron y produjeron semillas en un lugar común, correspondería atribuir las variaciones a diferencias genéticas y no así a diferencias de ambiente materno. Por lo tanto, quedaría justificada una posible selección en relación a la germinación de las poblaciones de *P. napostaense*. En especies del género *Setaria*, se ha inferido una base genética en las diferencias fisiológicas que afectan la germinación (Norris y Schoener, 1980, Pensiero, 1995).

La variabilidad poblacional presente en el PG en *P. napostaense* también se ha observado en otras forrajeras nativas, como por ejemplo *Setaria lachnea* (Schrauf *et al.*, 1998). Asimismo, en cuatro especies forrajeras nativas (*Bromus setifolius*, *Hordeum comosum*, *Festuca pallescens* y *Poa ligularis*) de la Patagonia Argentina, provenientes de diferentes lugares a lo largo de un gradiente de precipitación (Nagahama *et al.*, 2016). En *B. setifolius*, *H. comosum* y *F. pallescens* la variabilidad fue relativamente baja en el porcentaje de emergencia total entre las poblaciones. La especie que mayor variabilidad presentó en el porcentaje de emergencia total y T50 (tiempo en el que el 50 % de las

semillas germinaron) fue *Poa ligularis*. La variabilidad encontrada en *P. napostaense* puede ser comparada con la encontrada en *Poa ligularis* en poblaciones que se distribuyeron desde San Luis hasta el sur de Chubut (Rotundo, 2005, Rotundo *et al.*, 2015).

En el trabajo de Nagahama *et al.* (2016) al comparar germoplasma de sitios con regímenes de precipitaciones diferentes, se evidenció la existencia de variabilidad en germinación. La variabilidad podría deberse a condiciones edafo-climáticas particulares de crecimiento en cada sitio, o a una variabilidad genética que representaría un atributo clave en la capacidad de las especies para adaptarse a la disponibilidad de agua (Endler, 1986). La variabilidad encontrada entre las poblaciones de las especies evaluadas no pudo ser explicada en base al gradiente de precipitación.

Cuando las poblaciones de *Trichloris crinita* y *Trichloris pluriflora* crecieron en un ambiente común, las variaciones encontradas en la germinación fueron menores que cuando crecieron en el lugar de origen (Zabala *et al.*, 2011). Los autores le atribuyen efectos genéticos y ambientales a la variación observada en las especies del género *Trichloris*. El rango de variación en la respuesta a la germinación fue mayor en *T. crinita* comparada con *T. pluriflora*, lo cual podría deberse a que las poblaciones de la primera provienen de lugares con mayor variabilidad ambiental comparado con la última especie.

En *Briza subaristata* se estudiaron los patrones de germinación de poblaciones procedentes de diferentes sitios de recolección, resultando esto último en una fuente significativa de variación (Ferrari *et al.*, 2002). También en *Elymus scabrifolius* se observaron variaciones altamente significativas en el PG entre las líneas de cuatro poblaciones (Zabala *et al.*, 2009a, b). En el mencionado estudio, los autores encontraron evidencias que permitían correlacionar el hábitat de las líneas y la respuesta germinativa. A menudo las semillas de poblaciones procedentes de una amplia distribución geográfica presentan diferencias en requerimientos de germinación (Pannangpetch y Bean, 1984, Kitchen y Monsen, 1994). *Piptochaetium napostaense* presenta una amplia distribución geográfica en nuestro país, que va desde la provincia de Catamarca en el Norte hasta la provincia de Río Negro en el Sur (Rúgolo de Agrasar

*et al.*, 2005). Por lo tanto, se puede inferir que los requerimientos para la germinación varían en función de localizaciones geográficas distantes. Sin embargo, el rango de distribución de las poblaciones motivo de estudio de la presente tesis es más acotado, lo cual permite suponer que las condiciones para la germinación de las mismas sean similares. En relación a los requerimientos térmicos e hídricos, estos parámetros no presentaron una variación importante entre los sitios de colecta del germoplasma. El objetivo de evaluar poblaciones del distrito del Caldén en la provincia de La Pampa, se centra en la futura reintroducción de semillas de *P. napostaense* en ambientes de esta región. La adaptación de diferentes ecotipos toma importancia al momento de su reintroducción. Para otros ambientes donde crece la especie, sería conveniente evaluar la variabilidad existente entre las poblaciones con similares condiciones ambientales, de manera de asegurarse una respuesta acorde a las condiciones ambientales.

Entre los factores limitantes en los trabajos de restauración ecológica que afectan la regeneración por semillas se pueden mencionar la falta de propágulos en el banco de semillas y las bajas tasas de germinación (Meli, 2003, Kettle, 2012). La importancia que toma la disponibilidad de semillas con alto PG en pastizales y sabanas puede ser considerable, debido a que en estos ecosistemas el establecimiento de nuevos individuos en las poblaciones puede depender de la multiplicación por semillas (Packard y Mutel, 1997, Walker *et al.*, 2004, Young y Young, 2009). Disponer de semillas con altos porcentajes de germinación, como en el caso de P6 en el presente estudio, favorecería la reintroducción exitosa de *P. napostaense* en áreas donde la especie no está presente o se encuentra muy pobremente representada en el pastizal.

#### Tasa de germinación

Se encontraron diferencias estadísticas ( $p < 0,05$ ) entre las poblaciones (Tabla 3.5) para la tasa de germinación (TG). La misma, se calcula como porcentaje ponderado, otorgando mayor índice a las semillas que germinan primero. El valor medio de TG fue mayor en P6, con un valor de 50, pero no se diferenció estadísticamente ( $p > 0,05$ ) de P2, P3 y P4. Una de las características a destacar en P6 es el bajo CV. A su vez, P6 supera en más del 100 % el valor de TG mínimo observado (P1). Valores altos de TG le confieren a las poblaciones ventajas comparativas al momento de establecerse, debido a que

podrían aprovechar rápidamente los recursos disponibles. Por ejemplo, las semillas de dichas poblaciones serían las primeras en utilizar el agua disponible en el suelo para la germinación y el crecimiento inicial de las plántulas, lo cual es esencial en ambientes áridos y semiáridos donde el factor más limitante es el agua.

Tabla 3.5. Valores resumen de la tasa de germinación (TG) para 7 poblaciones de *Piptochaetium napostaense*. n: número de repeticiones, EE: error estándar, CV: coeficiente de variación, Mín: mínimo, Máx: máximo. P1: población 1, P2: población 2, P3: población 3, P4: población 4, P5: población 5, P6: población 6, P7: población 7. Letras distintas indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre poblaciones.

Población	n	TG (%)		EE	CV	Mín	Máx
P1	6	23,7	c	2,15	44,3	8,6	51,8
P2	6	40,1	ab	2,45	29,8	17,9	66,3
P3	6	37,8	ab	2,58	33,4	18,1	60,6
P4	6	40,4	ab	3,03	36,7	16,2	72,8
P5	6	35,4	bc	2,61	36,1	16,4	59,0
P6	6	50,0	a	2,85	27,9	18,9	81,1
P7	6	34,8	bc	2,70	37,9	15,8	66,7

En condiciones de competencia por recursos, la rápida germinación de las semillas puede significar el establecimiento exitoso de nuevos individuos (Harper, 1977, Grime, 1979). Los mejoradores buscan seleccionar materiales con un buen comportamiento en germinación, que favorezcan un rápido y uniforme establecimiento de plántulas, en diferentes fechas de siembra y temperatura (Parodi, 1938, Knapp, 1990). Para el caso de las poblaciones de *P. napostaense* en estudio, las poblaciones con TG más alta, tendrían un diferencial positivo en el establecimiento de la especie.

Además, de la mejora en la tasa de germinación mediante la selección de genotipos adecuados, también es importante considerar la existencia de mecanismos de dormición que podrían retrasar la germinación de las semillas (Veenedaal y Ernst, 1991). En especies que no han sido domesticadas, el comportamiento germinativo se halla fuertemente afectado por el ambiente materno y la dormición seminal (Ahring *et al.*, 1975, Baskin y Baskin, 1998, Dekker, 2003, Exner *et al.*, 2007, Pensiero *et al.*, 2011). Estudios sobre el comportamiento germinativo de *P. napostaense* coinciden en la presencia de mecanismos de dormición en las semillas (Cabeza, 1989, Distel *et al.*, 1992, Mayor *et al.*, 2003, Mayor *et al.*, 2007). La dormición está en gran medida impuesta físicamente por las cubiertas seminales (lemma y pálea), cuya ruptura requiere de un

periodo de variación marcada entre las temperaturas diurnas y nocturnas (Distel *et al.*, 1992). Dichas condiciones se dan naturalmente en el suelo superficial donde se hallan depositadas las semillas durante el verano, lo cual posibilita la germinación de las mismas al inicio del otoño. Por lo tanto, en caso de sembrarse antecios, el almacenaje previo a temperaturas fluctuantes a lo largo del día será necesario para la ruptura de la dormición de las semillas y germinación rápida de las mismas una vez incorporadas al suelo.

#### Vigor de plántulas.

La Tabla 3.6 contiene los valores resumen para el vigor inicial de plántulas en las 7 poblaciones de *P. napostaense* en estudio. Los valores de p fueron 0,593, 0,197, 0,388 y 0,244 para AE, ER, LT y AE/ER, respectivamente.

Tabla 3.6. Valores resumen correspondientes a altura aérea (mm) (AE), extensión de raíces (mm) (ER), longitud total (mm) (LT) y relación altura aérea/extensión de raíces (AE/ER) en plántulas de 7 poblaciones de *Piptochaetium napostaense*. P1: población 1, P2: población 2, P3: población 3, P4: población 4, P5: población 5, P6: población 6, P7: población 7, EE: error estándar, C.V: coeficiente de variación.

		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
Altura aérea (mm) (AE)	Media	11,1	12,1	14,5	13,9	12,1	15,0	12,5
	E.E.	0,6	0,6	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7
	C.V (%)	65,0	59,7	66,1	56,6	59,4	59,2	61,9
	Mínimo	1,1	1,3	1,6	1,1	1,4	1,6	1,2
	Máximo	37,0	34,7	41,2	35,5	30,0	37,1	36,3
Extensión de raíces (mm) (ER)	Media	15,8	18,0	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
	Mínimo	2,3	2,7	2,5	2,3	3,4	2,6	0,6
	Máximo	40,0	44,4	49,8	42,1	36,8	42,9	44,8
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
	Mínimo	4,3	4,5	4,1	3,3	5,2	4,2	2,7
	Máximo	69,0	69,5	86,4	70,3	62,1	80,0	74,2
Relación AE/ER	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
	Mínimo	0,2	0,1	0,1	0,3	0,2	0,2	0,3
	Máximo	1,9	2,3	4,4	3,2	3,7	3,3	3,7

El vigor de semilla y de plántula es un concepto que describe la interacción de diferentes características como la tasa y uniformidad de germinación y crecimiento, la tolerancia a estreses abióticos y las condiciones ambientales que soportan las semillas antes y después de su producción (Ferguson, 1995). El vigor de semilla y de plántula está influenciado por condiciones ambientales y de manejo de las semillas durante las etapas de pre y post-cosecha (Vieira y Carvalho, 1994). No obstante, en las poblaciones de *P. napostaense* evaluadas la semilla provino del mismo ambiente, y las condiciones ambientales durante la cosecha fueron similares para todas las poblaciones (debido a la evaluación de una misma cohorte). Por otra parte, las condiciones para la germinación de la semilla y crecimiento de las plántulas fueron las óptimas para la especie (Mayor *et al.*, 2007). Una primera interpretación de los resultados es que los coeficientes de variación de todas las variables medidas (AE, ER, LT y AE/ER) fueron altos en todas las poblaciones, lo cual posiblemente haya contribuido negativamente en la detección de diferencias significativas entre las poblaciones. También podrían contribuir a explicar los resultados las condiciones óptimas para el crecimiento de las plántulas. En ocasiones, las diferencias entre germoplasmas ocurren cuando las condiciones son subóptimas para el crecimiento y desarrollo de las especies (Mandic *et al.*, 2014). Alternativamente, el vigor inicial de las plántulas de *P. napostaense* podría representar una característica estable a través de genotipos diferentes de la especie. Las condiciones ambientales juegan un rol fundamental en la adaptación de las especies (Millar y Libby, 1989, Nagy y Rice, 1997). La cantidad y variabilidad de las precipitaciones y las características del suelo son factores que influyen en la diferenciación de las poblaciones de una misma especie (Waters *et al.*, 2003). Las poblaciones que crecen a lo largo de un rango continuo, presentan menor diferenciación entre poblaciones debido a un flujo de genes generalmente alto, sin barreras naturales. Las poblaciones de *P. napostaense* en estudio provienen de sitios con condiciones ambientales generales similares. Dicha similitud ambiental entre los sitios de origen de las poblaciones podría estar ejerciendo una presión similar en relación a la capacidad de establecimiento de las plántulas de las poblaciones en estudio. La similitud en el crecimiento inicial de plántulas de las poblaciones de *P. napostaense* podrían reflejar similitudes entre poblaciones en la constitución genética para el crecimiento inicial de plántula, pudiendo esto deberse a

una adaptación a las condiciones semiáridas del Distrito del Caldén en la provincia de La Pampa (Tomás *et al.*, 2000).

En regiones semiáridas, con amplias fluctuaciones en la precipitación y la temperatura del aire, las etapas de desarrollo de las plantas tienden a ser más plásticas y oportunistas en el uso de los recursos (Norton *et al.*, 2001, Waters *et al.*, 2003). La ausencia de variabilidad en relación con el crecimiento inicial de plántulas en poblaciones de *P. napostaense* sugieren la presencia de plasticidad fenotípica para la fase fenológica de establecimiento de la especie, donde se manifiestan diferentes respuestas de las plantas ante cambios en las condiciones ambientales o la perturbación causada por factores bióticos (Tomas *et al.*, 1997, 2000).

Para todas las poblaciones la relación entre AE y ER fue menor a 1, indicando una mayor asignación de asimilados hacia los tejidos subterráneos. En el caso de especies que crecen en regiones semiáridas como es el caso de *P. napostaense*, esta característica tendría un significado adaptativo ya que la favorecería en la competencia por el agua del suelo. A medida que las raíces profundizan en el suelo acceden a fuentes de agua relativamente más estable, en comparación con el agua disponible a nivel superficial. También es importante el desarrollo temprano de raíces adventicias, ya que aumentan la capacidad de uso del agua del suelo, particularmente en ocasiones de lluvias pequeñas que humedecen los primeros centímetros de suelo (Wilson *et al.*, 1976).

Coefficientes de correlación.

Las características peso de semillas (P100) y longitud total de plántula (LT) se correlacionaron de manera positiva significativa (Figura 3.3). También se correlacionaron de manera positiva significativa PG y AE, TG y AE y P100 y AE (Tabla 3.7).



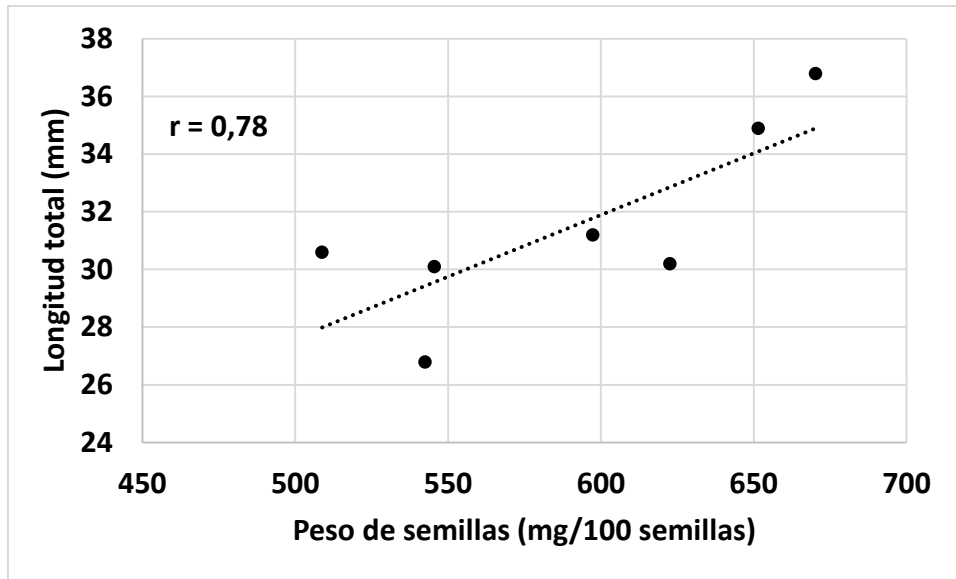


Figura 3.3. Relación entre la longitud total de plántula y el peso de semilla.  $r$  = coeficiente de correlación de Pearson.

Tabla 3.7. Coeficientes de correlación de Pearson entre variables para poblaciones de *Piptochaetium napostaense*. P100: peso de cien semillas, PG: poder germinativo, TG: tasa de germinación, AE: altura aérea, ER: extensión de raíces, LT: longitud total. \* $p < 0,05$

	P100	PG	TG	AE	ER	LT
P100	-	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
EA				-	0,75	0,91*
ER					-	0,96*
LT						-

Las correlaciones entre las variables son de importancia para los programas de mejoramiento de plantas, sobre todo cuando se desea seleccionar simultáneamente para más de una característica. Cuando la selección se aplica sobre un carácter con alta heredabilidad y que tiene alta correlación con otro carácter de interés para el mejorador, se puede lograr un progreso significativo realizando la selección exclusivamente sobre el carácter de alta heredabilidad (Marchioro *et al.*, 2003).

La correlación positiva entre peso de semilla y longitud total de plántula representaría un aporte valioso para un plan de mejoramiento en relación al vigor de plántula de la especie. La selección en *P. napostaense* por peso de semillas podría ser efectiva para aumentar el vigor de plántulas. La encontrada relación positiva entre peso de semillas y vigor de plántulas ha sido informada para numerosas especies (Trupp y Carlson 1971, Wright 1976, 1977, Bretagnolle *et al.*, 1995, Moser, 2000, Westoby *et al.*,

2002, Giordano *et al.*, 2013). La habilidad competitiva para capturar recursos necesarios para el crecimiento, y por lo tanto la probabilidad de establecimiento exitoso de plántulas, es de esperar que sea mayor en individuos derivados de semillas más pesadas (Westoby *et al.*, 2002).

En una población de *Agropyrum psammophilum* el tamaño de semillas no se relacionó de manera significativa con el porcentaje de germinación, pero sí con la tasa de germinación (Zhang y Maun, 1990). En la especie en estudio se observó lo primero, pero no lo último. Con respecto a la relación entre peso de semillas y tamaño de plántulas, para la misma especie de *Agropyrum*, sólo se observaron relaciones positivas significativas para algunas de las variables de tamaño de plántula, en coincidencia con lo observado en el presente estudio. También, y al igual que en el presente estudio, poblaciones de dos especies del género *Trichloris* no mostraron relación entre el peso de semillas y las variables de germinación (poder germinativo y tasa de germinación) (Zabala *et al.*, 2011). Vale mencionar que, en condiciones sub-óptimas de temperatura (Zabala *et al.*, 2009), de humedad (Gross y Smith, 1991, Daws *et al.*, 2008) y de fertilidad (Milberg y Lamont, 1997) la germinación puede estar favorecida por el peso de las semillas. Este no fue el caso en el presente estudio, donde las condiciones en las que se evaluó la germinación fueron las óptimas, según lo reportado por Mayor *et al.* (2007).

Para el mejoramiento de pastizales de zonas áridas y semiáridas, una de las prácticas recomendadas es la incorporación de semillas de las especies a restaurar (Passera *et al.*, 1992, Blanco *et al.*, 2005, Quiroga *et al.*, 2009). El éxito en el establecimiento de las gramíneas perennes deseables se asocia a la capacidad de las plantas a establecerse, en competencia con otras especies, aumentando con el tiempo la abundancia en la comunidad (Corbin y 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.

## CAPÍTULO 4. CONCLUSIONES.

La colecta de poblaciones de *P. napostaense*, gramínea perenne clave de los pastizales del Distrito del Caldén, sirvió para generar información sobre características relevantes relacionadas con las propiedades de las semillas. Asimismo, permitió ampliar la colección de germoplasma, insumo necesario para futuros planes de mejoramiento de la especie. La mejora por selección de la especie en estudio tendrá como fin su reintroducción en sitios del Distrito del Caldén, donde las condiciones ambientales son similares a aquellas donde fueron colectadas las poblaciones motivo de estudio.

La variabilidad encontrada en los atributos peso de semilla y germinación, permitiría el mejoramiento por selección, lo cual aumentaría la probabilidad de establecimiento cuando la misma es reintroducida en áreas donde *P. napostaense* se ha perdido a causa del manejo inadecuado del pastizal.

La similitud entre las poblaciones en las variables relacionadas con el vigor de plántula, estaría indicando similitudes entre las poblaciones en la constitución genética que regula el crecimiento inicial de las plántulas. Los valores encontrados en la relación A/ER, similar en todas las poblaciones, sugieren una partición diferencial de los carbohidratos de reserva favorable al desarrollo del sistema radical y en detrimento de la parte aérea. Teniendo en cuenta las condiciones ambientales de crecimiento de la especie, y considerando la humedad del suelo como uno de los limitantes principales de regiones semiáridas, el sesgo en la partición de asimilados a favor de la formación de raíces sería una estrategia de supervivencia de la especie estudiada, independientemente del origen de cada población.

Por medio de los coeficientes de correlación se encontraron relaciones positivas entre peso de semillas y longitud total de plántula. Esta información puede ser de utilidad para futuros trabajos de mejora de la especie, pudiendo realizarse selección simultánea de caracteres, a través de aquel de mayor heredabilidad.

El peso de semillas no se relacionó con las variables de germinación. En condiciones óptimas de temperatura y luz para la germinación, es común que ambas variables no estén relacionadas. Las condiciones de temperatura y luz utilizadas en este

trabajo fueron las que se registran naturalmente en el otoño, cuando se observa el pico máximo de emergencia de plántulas de *P. napostaense* en el campo.

Las poblaciones evaluadas difirieron en características como peso de semilla y germinación. Una línea de trabajo que se propone a futuro es evaluar la estabilidad de las poblaciones y los genotipos provenientes de ambientes diferentes. Esto requiere la replicación de ensayos en diferentes ambientes, a los efectos de evaluar la interacción genotipo x ambiente en diferentes atributos. Además, dentro de las poblaciones hubo genotipos que presentaron valores de germinación y peso de semillas superiores a los valores medios de la población. En el futuro sería importante realizar siembras de los genotipos destacados en parcelas de multiplicación, con el fin de inscribir material base en el Instituto Nacional de Semillas, debido a que no existe a la actualidad registros de la especie en el mencionado Instituto.

El estado actual de los pastizales del Distrito del Caldén presenta en general un alto grado de degradación, atribuible en gran medida al manejo inadecuado de los mismos. El pastoreo con ganado doméstico constituye la actividad productiva principal de la región, y representa el factor que modula en gran medida la estructura y el funcionamiento del ecosistema. Ante este escenario, se plantea la realización de investigaciones tendientes a analizar la respuesta de la vegetación al agregado de semillas de *P. napostaense*. Para esto, previamente es necesario determinar las prácticas que otorguen la mayor disponibilidad de micrositios que reúnan condiciones apropiadas para la germinación, emergencia y establecimiento de la especie. También es necesario determinar el momento óptimo para la incorporación de las semillas, por lo cual requiere ensayos de fechas de siembra, a fin de lograr el establecimiento exitoso de la especie estudiada en el pastizal. La domesticación de las especies forrajeras, o la práctica de llevar a cultivo especies silvestres, necesita de un abordaje multidisciplinario. Los estudios relacionados con la variabilidad genética de la especie, las posibilidades de mejoramiento de la misma y la selección de materiales superiores son algunos de los pasos iniciales en este proceso. Una vez que se logra el objetivo de inscribir un material en el Instituto Nacional de Semillas (INASE), uno de los mayores desafíos es disponer de la cantidad de semilla necesaria para cubrir la demanda potencial. Esto requiere el desarrollo de tecnología para el cultivo y obtención de semillas, tal como el logro de

maquinaria adecuada para y el acondicionamiento de las mismas para facilitar la siembra con la maquinaria disponible.

## REFERENCIAS

- 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* XXVI (2), 55 – 62.
- Ahring, R.M., Huffine, W.W., Taliaferro, C.M. y Morrison, R.D. 1975. Stand establishment of bermudagrass from seed. *Agronomy Journal* 67, 229 - 232.
- Aiken, G.E. y Springer, T.L. 1995. Seed size distribution, germination, and emergence of 6 switchgrass cultivars. *Journal of Range Management* 48, 455 - 458.
- Allard, R.W. 1970. Population structure and sampling method. In: Genetic resources in plants-their exploration and conservation, pages 97-107, Frankel, O. H; Bennett, E (Eds) IBP Handbook 11, Blackwell Scientific Publications, UK. 554 p.
- Anderson, D.L. 1979. Distribución de *Sorghastrum pellitum* (Poaceae) en la provincia de San Luis y su significado ecológico. *Kurtziana* 12-13: 37 - 45.
- Antonovics, J. y Schmitt, J. 1986. Paternal and maternal effects on propagule size in *Anthoxanthum odoratum*. *Oecologia* 69, 277 - 282.
- Archer, S. y Smeins, F.E. 1991. Ecosystem-level processes. In: Heitschmidt, R.K., Stuth, J.W. (Eds.), *Grazing Management: an Ecological Perspective*. Timber Press, Portland, pp. 109 - 139.
- Armando, L.V. 2014. Caracterización morfológica y molecular de *Panicum coloratum* var. *makarikariense* Goossens. Tesis de doctorado en Agronomía. UNS. 193 pp.
- Aronson, J., Floret, C., LeFloc'h, E., Ovalle, C. y 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.
- Avila, P.L., Kin, A.G. y Morici, E.F.A. 2010. Influencia de la temperatura y el tiempo de exposición sobre la germinación y la emergencia de *Piptochaetium napostaense* (Speg.) Hack. *Revista de la Facultad de Agronomía-UNLPam* 21, 3-15.

- Baskin, J.M. y Baskin, C.C. 1973. Plant population differences in dormancy and germination characteristics of seeds: heredity or environment? *American Midland Naturalist* 90, 493-498.
- Baskin, J.M. y Baskin, C.C. 1998. Seeds. Ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination. Academic Press, San Diego. pp. 181 - 237.
- 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.
- Benech-Arnold, R.L., Batlla, D., Guglielmini, A.C. y Kruk, B.C. 2014. Ecología de malezas II: la reanudación del crecimiento y el aumento del área. In: Malezas e invasoras de la Argentina. Fernández, O.A., Leguizamón, E.S. y Acciaresi, H.A. (Ed). Editorial de la Universidad Nacional del Sur y Red de Editoriales de Universidades Nacionales. Cap. VI. pp. 139-169.
- Blanco, L.J., Ferrando, C.A., Biurrun, F.N., Oriente, E.L. y Namur, P. 2005. Vegetation responses to roller chopping and buffelgrass seeding in Argentina. *Rangeland Ecology and Management* 58, 219 - 224.
- Boe, A. 2003. Genetic and environmental effects on seed weight and seed yield in switchgrass. *Crop Science* 43, 63 – 67.
- Bóo, R.M. y Peláez, D.V., 1991. Ordenamiento y clasificación de la vegetación en un área del sur del Distrito del Caldén. *Boletín Sociedad Argentina de Botánica* 27, 135 - 141.
- Bortnem, R. y Boe, A. 1993. Variability for seed weight among and within three switchgrass cultivars In: Faw W (ed) Proceedings of the American Forage and Grassland Council, 29–31 March, 1993. Des Moines. American Forage and Grassland Council, Georgetown, pp 208–211
- Bouyoucos, G.J. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soils. *Agronomy Journal* 54: 464 - 465.

- Bradley St. Clair, J., Kilkenny, F.F., Johnson, R.C., Shaw, N.L., y Weaver, G. 2013. Genetic variation in adaptive traits and seed transfer zones for *Pseudoroegneria spicata* (bluebunch wheatgrass) in the northwestern United States. *Evolutionary Applications*, 6(6), 933 - 948.
- Bradshaw, A. 1984. Ecological significance of genetic variation between population. In: *Perspectives on plant population ecology*. Dirza, R. y Saukhán, J. (eds.) Sinauer Associates Inc. Sunderland, USA. pp 213-228.
- Brançalion, P.H.S., Novembre, A.D.L.C. y 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 Technology* 39, 412 - 424.
- Braun-Blanquet, J. 1979. Las unidades básicas de vegetación, su estructura e interpretación. En: *Fitosociología*, pp. 16-134. 3<sup>th</sup> ed. H. Blume Ediciones. Madrid.
- Bray, R.H., y Kurtz, L.T. 1945. Determination of total, organic and available form of phosphorus in soil. *Soil Science* 59: 360 - 361.
- Bretagnolle, F., Thompson, J.D. y 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.
- Briggs, D. y Walters, S. 1984. *Plant variation and evolution*. Second Edition. Cambridge University Press, Cambridge. 412 pp.
- Brown, A.H.D. 1992. Human impact on plant gene pools and sampling for their conservation. *Oikos* 63, 109 - 118.
- Bruno, M.C. 2006. A morphological approach to documenting the domestication of *Chenopodium* in the Andes. En: Zeder, M.A., Bradley, D.G., Emshwiller, E. y Smith, B.D. editors. *Documenting domestication: new genetic and archaeological paradigms*. Berkeley: University of California Press p. 32 – 45.



- Burkart, R., Bárbaro, N., Sánchez, R. y Gómez, D. 1999. Eco-regiones de la Argentina. Administración de Parques Nacionales. Secretaría de Recursos Naturales y Desarrollo Sustentable. Presidencia de la Nación, 1999.
- Busso, C.A. 1997. Towards an increased and sustainable production in semi-arid rangelands of central Argentina: two decades of research. *Journal of Arid Environment*, 36, 197 - 210.
- 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 Magíster. UNS. 100 pp.
- Cano, E., Fernández, B. y Montes, M. 1980. La Vegetación de la Provincia de La Pampa y Carta de vegetación 1:500000. En: Inventario Integrado de los Recursos Naturales de la Provincia de La Pampa. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Provincia de La Pampa, Universidad Nacional de La Pampa (UNLPam) (Eds). Buenos Aires. 493 pp. <https://recursosnaturales.lapampa.edu.ar/>
- Cano, A.E., Estelrich, H.D., Montes, M., Fernández, B. y Morici, E. 1988a. Fitomasa aérea disponible de un pastizal de *Poa ligularis* y *Piptochaetium napostaense* durante el período 1984-1985. *Revista de la Facultad de Agronomía UNLPam* 3(1), 11 - 19.
- Cano, A.E., Estelrich, H.D. y Fernández, B. 1988b. Fitomasa aérea de los pastizales sammófilos de La Pampa en distintos estados de condición. *Revista de la Facultad de Agronomía UNLPam*. 3(2), 43 - 56.
- Cano, E. 1988. Pastizales naturales de La Pampa. Tomo I: Descripción de las especies más importantes. Convenio AACREA – Provincia de La Pampa. 425 pp.
- Cano, E., Fernández, B., Morici, E.F.A. y Chirino, C. 1990a. Características de tres pastizales bajos con distintos períodos de descanso. *Revista de la Facultad de Agronomía UNLPam*. 5(2): 83-108.

- Cano, E., Fernández, B., Morici, E.F.A. y Chirino, C. 1990b. Estados de Condición del sitio pastizal de gramíneas bajas de planicie presentes en el Dpto Loventué-La Pampa. *Revista de la Facultad de Agronomía UNLPam.* 5(2): 65-82.
- Carneiro, M. 2000. Estrategias de biotecnología agropecuaria para el Cono Sur. Montevideo, Uruguay. PROCISUR. 154 p.
- Casler, M.D., Pedersen, J.F., Eizenga, G.C. y Stratton, S.D. 1996. Germplasm and Cultivar Development. p. 413-469. En American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America (eds.). Cool season forage grasses. ASA, CSSA and SSSA Agronomy Monograph N° 34. Madison, WI.
- Cazenave, H.W. 1993. Campo pampeano. Una contribución al conocimiento de su historia desde los orígenes hasta 1914. Fondo Editorial Pampeano. 97 pp.
- Coleman, S.W., Forbes, T.D.A. y Stuth, I.W. 1989. Measurements of the plant-animal interface in grazing research. p. 37-51. En G.C. Marten (ed.) Grazing research: Design, methodology, and analysis. CSSA Spec. Publ. 16. CSSA, Madison, WI.
- Cong, B., Liu, J. y Tanksley, S.D. 2002. Natural alleles at a tomato fruit size quantitative trait locus differ by heterochronic regulatory mutations. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA.* 99 p. 13606 – 13611.
- Cordazzo, C.V. 2002. Effect of seed mass on germination and growth in three dominant species in southern Brazilian coastal dunes. *Brazilian Journal Biology* 62, 427 - 435.
- 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.
- Covas, G. y Bocklet, M. 1945. Número de cromosomas de algunas Gramínea-Stipea de la Flora Argentina. *Revista Argentina de Agronomía* 12, 261 - 265.
- Crossley, G.K. y Bradshaw, A.D. 1968. Differences in response to mineral nutrients of populations of ryegrass, *Lolium perenne* L., and orchardgrass, *Dactylis glomerata* L. *Crop Science* 8, 383 - 387.

- Das, M.K. y Taliaferro, C.M. 2009. Genetic variability and interrelationships of seed yield and yield components in switchgrass. *Euphytica* 167, 95 – 105.
- Daws, M.I., Crabtree, L.M., Dalling, J.W., Mullins, C.E. y Burslem, D.F. 2008. Germination responses to water potential in Neotropical pioneers suggest large-seeded species take more risks. *Annals of Botany* 102, 945 - 951.
- Dekker, J. 2003. The foxtail (*Setaria*) species-group. *Weed Science* 51, 641 - 656.
- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M. y Robledo C.W. InfoStat versión 2016. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Distel, R.A. y Bóo, R.M. 1996. Vegetation states and transitions in temperate semi-arid rangelands of Argentina. En: Proceedings of the V<sup>th</sup> International Rangeland Congress (ed. N.E. West). Society for Range Management, Denver, CO, 117.
- Distel, R.A., Peláez, D.V. y Fernández, O.A. 1992. Germination of *Piptochaetium napostaense* (speg.) Hackel and *Stipa tenuis* Phil. and seedling survival under field conditions. *Rangeland Journal* 14(1), 49 – 55.
- Distel, R.A. 2016. Grazing ecology and the conservation of the Caldenal rangelands, Argentina. *Journal of Arid Environment* 134: 49-55.
- Dussart, E., Lerner, P. y Peinetti, R. 1998. Long-term dynamics of two populations of *Prosopis caldenia* Burkart. *Journal of Range Management* 51, 685 - 691.
- Duyvendak, R. y Luesink, B. 1979. Preservation of genetic resources in grasses. Proc. Conf. Broadening Genet. Base Crops, 1978. Pudoc, Wageningen: 67-73.
- Edwards Jr., C.J. y Hartwig, E.E. 1971. Effect of seed size upon rate of germination in soybeans. *Agronomy Journal* 63, 429 - 430.
- 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 Vol 22. Serie supl. 2. Congreso de Pastizales.

- Estelrich, H.D., Chirino, C.C., Fernández, B.C. y Morici, E.F. 1997. Cambios florísticos en los sistemas naturales de la Región Semiárida Pampeana por efecto del pastoreo. XVIII Reunión Argentina de Ecología. Bs.As. 43 pp.
- Estelrich, H.D. y Cano, A.E. 1985. Disponibilidad forrajera y determinación de la capacidad de carga de un bosque de *Prosopis caldenia*. Revista Asociación Pampeana de Profesionales de las Ciencias Naturales. Actas I Jornadas de Biología y II Jornadas de Geología de La Pampa. UNLPam 1, 30 – 35.
- Estelrich, H.D., Chirino, C.C., Morici, E.F. y Fernández, B. 2005. Dinámica de áreas naturales cubiertas por bosque y pastizal en la región semiárida central de Argentina - Modelo Conceptual. En: Heterogeneidad de la vegetación. Libro homenaje a Rolando León (Paruelo, J.; Oesterheld, M. y Aguiar, M. Eds.). Editorial de la Facultad de Agronomía (UBA). Buenos Aires. Argentina. 430 pp.
- Estelrich, H.D. y Castaldo, A. 2014. Receptividad y carga ganadera en distintas micro regiones de la provincia de La Pampa (Argentina) y su relación con las precipitaciones. SEMIÁRIDA Revista Facultad de Agronomía, UNLPam, 24, 7 - 19.
- Exner, E., Zabala, M., Pereyra, M. y Pensiero, J. 2007. Comportamiento germinativo en genotipos de *Setaria lachnea* (Nees) Kunth. Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica 42 (Supl.): 129.
- Facelli, J.M., Montero, C.M. y Leon, R.J.C. 1988. Effects of different disturbance regimes on semi natural grasslands from the sub-humid pampa. Flora 180, 241 - 249.
- FAO. <http://www.fao.org/faostat/es/>
- Fehr, W.R. y Weber, C.R. 1968. Mass selection by seed size and specific gravity in soybean populations. Crop Science 8, 551 - 554.
- 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.

- Fernández, O.A. y Busso, C.A. 1997. Arid and semi-arid rangelands: two thirds of the Argentine national territory. International Workshop on Rangeland Desertification. Bláfell, Iceland.
- 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 Volumen 17 (1), 157 – 162.
- Ford-Lloyd, B. y Jackson, M. 1986. Plant Genetic Resources: An Introduction to their Conservation and Use. London: Edward Arnold Publishes, 152 pages.
- Fuls, E.R. 1992. Ecosystem modification created by patch-overgrazing in semi-arid grassland. Journal of Arid Environment 23, 59 - 69.
- Gallego, L., Distel, R.A., Camina, R. y Rodríguez Iglesias, R.M. 2004. Soil phytoliths as evidence for species replacement in grazed rangelands of central Argentina. Ecography 27: 725-732.
- Gepts, P. 2004. Domestication as a long-term selection experiment. Plant Breeding Reviews 24, 1 - 44.
- 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.
- Gold. K.; P.León-Lobos. y M. Way. 2004. Manual de recolección de semillas de plantas silvestres para conservación a largo plazo y restauración ecológica. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Intihuasi, La Serena, Chile. Boletín INIA N° 110, 62 p.
- Gonzalez, C.L. y Dodd, J.D. 1979. Production responses of native and introduced grasses to mechanical brush manipulation, seeding, and fertilization. Journal of Range Management 32, 305 - 309.
- Grime, J.P. 1979. Plant strategies and vegetation processes. John Wiley & Sons. Chichester England.

- Gross, K.L. y Smith, A.D. 1991. Seed mass and emergence time effects on performance of *Panicum dichotomitlorum* Michx. across environments. *Oecologia* 87, 270 - 278.
- Hacker, J.B. 1984. Genetic variation in seed dormancy in *Digitaria milaniana* in relation to rainfall at the collection site. *Journal of Applied Ecology* 21, 947 - 959.
- Harlan, J.R. 1975. *Crops and man*. CSSA and ASA, Madison, WI.
- Harper, J.L. 1977. *Population biology of plants*, Academic Press, London, pp 892.
- Harper, J.L., Lovell, P.H., Moore, K.G., 1970. The shapes and sizes of seeds. *Annual Review of Ecology and Systematics* 1, 327 - 356.
- Heslop-Harrison, J., 1959. Variability and environment. *Evolution* 13, 145 - 147.
- Hijmans, R.J., Garret, K.A., Huaman, Z., Zhang, D.P., Schreuder, M. y Bonierbale, M. 2000. Assessing the geographic representativeness of genebank collection: the case of bolivian wild potatoes. *Conservation Biology* 14, 1755 - 1765.
- Hunt, O.J. y Miller, D.G. 1965. Coleoptile length, seed size, and emergence in intermediate wheatgrass (*Agropyron intermedium* (Host)) Beauv.. *Agron. J.* 57, 192 - 195.
- Hurka, H. y Benneweg, M. 1979. Patterns of seed size variation in populations of the common weed *Capsella bursa-pastoris* (Brassicaceae). *Biol. Zbl.* 98: 699 - 709.
- Hussey, M.A. y E.C. Holt. 1986. Selection for increased seed weight in kleingrass. *Crop Science* 26, 1162 - 1163.
- Imbert, E. 2002. Ecological consequences and ontogeny of seed heteromorphism. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 5, 13 - 36.
- Isaac, E. 1970. *Geography of domestication*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J.
- Jorritsma-Wienk, L.D., Ameloot, E., Lenssen, J.P.M. y de Kroon, H. 2007. Differential responses of germination and seedling establishment in populations of *Tragopogon pratensis* (Asteraceae). *Plant Biology* 9, 109 - 115.

- Kettle, C. J. 2012. Seeding ecological restoration of tropical forests: Priority setting under REDD+. *Biological Conservation*, 154, 34–41.
- Kin, A., Sosa, A. y Mazzola, M. 2004. Efecto del sombreado y del contenido hídrico del suelo sobre el establecimiento de *Piptochaetium napostaense*. *Actas XXV Reunión Argentina de Fisiología vegetal*. La Pampa.
- Kitchen, S.G. y Monsen, S.B. 1994. Germination rate and emergence success in blue-bunch wheatgrass. *Journal Range Management* 47, 145 - 150.
- Knapp, S.J. 1990. Recurrent mass selection for reduced seed dormancy in *Cuphea laminuligera* and *Cuphea lanceolata*. *Plant Breeding* 104, 46 - 52.
- Koinange E.M.K., Singh, S.P. y Gepts, P. 1996. Genetic control of the domestication syndrome in common bean. *Crop Science* 36, 1037 – 1045.
- Krishnasamy, V. y Seshu, D.V. 1989. Seed germination rate and associated characters in rice. *Crop Science* 29, 904 - 908.
- Laycock, W.A. 1991. Stable states and thresholds of range conditions on North American rangelands: A viewpoint. *Journal of Range Management* 44, 424 - 433.
- Ledesma, G., Porta Siota, F., Petruzzi, H. y Morici, E. 2017. Producción de biomasa aérea en poblaciones de “flechilla negra” en los primeros dos años de establecidas. *Revista Argentina de Producción Animal Vol 37 (Supl 1): 160* (ISSN impreso 0326-0550 ISSN en línea 2314-324X).
- Leishman, M.R., Westoby, M. y Jurado, E. 1995. Correlates of seed size variation: a comparison among five temperate floras. *Journal of Ecology* 83, 517 - 530.
- Leng, E.R. 1949. Direct effect of pollen parent on kernel size in dent corn. *Agronomy Journal* 41, 555 - 558.
- Llorens, E.M. 1995. Viewpoint: the state and transition model applied to the herbaceous layer of Argentina’s calden forest. *Journal of Range Management* 48, 442 - 447.
- Llorens E.M. y Frank, E.O. 1999. Aspectos ecológicos del estrato herbáceo del caldenal y estrategias para su manejo. AACREA, Subsecretaria de Asuntos Agrarios- Provincia de La Pampa, E.E.A. INTA Anguil. 81 pp.

- Maestre, F.T. Milliken, G.A. Stroup, W.W. y Bellot, J. 2001. Potential for using facilitation by grasses to establish shrubs on a semiarid degraded steppe. *Ecological Applications* 11, 1641 - 1655.
- Mandak, B., 1997. Seed heteromorphism and the life cycle of plants: a review. *Preslia* 69, 129 - 159.
- Mandić, V., Krnjaja, V., Bijelić, Z., Tomić, Z., Simić, A., Ružić Muslić, D. y Stanojković, A. 2014. Genetic variability of red clover seedlings in relation to salt stress. *Biotechnology in Animal Husbandry* 30 (3), 529-538.
- Manga, K. y Yadav, O.P. 1995. Effect of seed size on development traits and ability to tolerate drought in pearl-millet. *J. Arid Environ.* 29, 169 - 172.
- Marchioro, V.S., Carvalho, F.I., Oliveira, A.C., Lorencetti, C., Benin, G., Silva, J.A., Zurek, A.J., Hartwig, I. 2003. Herdabilidade e correlações para caracteres de panícula em populações segregantes de aveia. *Revista brasileira Agrociência*, volume 9 (4), 323 – 328.
- Mayor, M.D., Bóo, R.M., Peláez, D.V. y Elía, O.R. 2003. Seasonal variation of the soil seed bank of grasses in central Argentina as related to grazing and shrub cover. *Journal of Arid Environment* 53, 467 - 477.
- Mayor, M.D., Bóo, R.M., Peláez, D.V., Elía, O.R. y 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.
- Mazer, S.J. 1989. Ecological, taxonomic, and life history correlates of seed mass among Indiana dune angiosperms. *Ecological Monograph* 59, 153 - 175.
- McNaughton, S., Coughenour, M.B. y Wallace, L.L. 1982. Interactive processes in grassland ecosystems. p. 167-193. In I.R. Estes et al. (ed.) *Grasses and grasslands. Systematics and ecology*. Univ. Oklahoma Press, Norman.
- Meli, P. 2003. Restauración ecológica de bosques tropicales. Veinte años de investigación académica. *Interciencia*, 28(10), 581–589.



- Menéndez, J.L. y La Rocca, S.M. 2006. Primer inventario nacional de bosques nativos. Informe Regional Espinal, Segunda Etapa. ANEXO I: Estado de Conservación del Distrito Caldén. Fundación Bosques de la Patagonia. [http://www.drn.lapampa.gov.ar/BosquesyPastizales/FloraNativa/Estado\\_de\\_Conseervacion\\_del\\_Distrito\\_Calden.pdf](http://www.drn.lapampa.gov.ar/BosquesyPastizales/FloraNativa/Estado_de_Conseervacion_del_Distrito_Calden.pdf).
- Milberg, P. y Lamont, B.B. 1997. Seed/cotyledon size and nutrient content play a major role in early performance of species on nutrient-poor soils. *New Phytologist* 137, 665 - 672.
- Milchunas, D.G., Sala, O.E. y Lauenroth, W.K. 1988. A generalized model of the effects of grazing by large herbivores on grassland community structure. *American Naturalist* 132(1), 87 - 106.
- Millar, C.I. y Libby, W.J. 1989. Disneyland or Native Ecosystem: Genetics and the Restorationist. *Restor: Manage. Notes.* 7: 18-24.
- Mohamed, H.A., Clark, J.A. y Ong, C.K. 1985. The influence of temperature during seed development on the germination characteristics of millet seeds. *Plant, Cell and Environment* 8, 361 - 362.
- Moretto, A.S. y Distel, R.A. 1997. Competitive interactions between palatable and unpalatable grasses native to a temperate semi-arid grassland of Argentina. *Plant Ecology* 130, 155 - 161.
- Moretto, A.S. y Distel, R.A. 1998. Requirement of vegetation gaps for seedling establishment of two unpalatable grasses in a native grassland of central Argentina. *Australian Journal of Ecology* 23, 419 - 423.
- Morici, E., Chirino, C.C., Fernández, B.C. y Estelrich, H.D. 1996. Aplicación del modelo de estados y transiciones en los pastizales de la región semiárida pampeana. VI Jornadas pampeanas de Ciencias Naturales. Santa Rosa, La Pampa. 167-172 pp.
- Morici, E.F., Ernst, R.D., Kin, A., Estelrich, D., Mazola, M. y Poey, S. 2003. Efecto del pastoreo en un pastizal semiárido de Argentina según la distancia a la aguada. *Archivos de Zootecnia*, 52: 59-66.

- Morici, E.F.A., Muiño, W., Ernst, R. y Poey, S. 2006. Efecto de la distancia a la aguada sobre la estructura del estrato herbáceo en matorrales de *Larrea* sp. pastoreados por bovinos en zonas áridas de Argentina. ARCHIVOS DE ZOOTECNIA. Cordoba (España): Archivos de Zootecnia, 55, 149 - 159.
- Morici, E., Doménech García, V., Gómez Castro, G., Kin, A.G., Saenz, A. y Rabortnikof, C. 2009. Diferencias estructurales entre parches de pastizal del caldenal y su influencia sobre el banco de semillas, en la provincia de La Pampa, Argentina. Agrocienza 43, 529 - 537.
- Moser, L. E. 2000. Morphology of germinating and emerging warm-season grass seedlings. In: K. J. Moore, and 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.
- Mujica-Sallés, J. y Marchi, M. 1993. Caracteres de valor taxonómico en el género *Piptochaetium* Presl (Poaceae-Stipeae) y su relación con la distribución de las especies brasileras. Candollea 48: 1 – 13.
- Murphy, C.F. y Frey, K.J. 1962. Inheritance and heritability of seed weight and its components in oats. Crop Science 2, 509 - 512.
- 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.
- Nagy, E.S. y Rice, K.J. 1997. Local adaptation in two subspecies of an annual plant: implications for migration and gene flow. Evolution. 51, 1079-1089.
- Naylor, R.E.L. 1980. Effects of seed size and emergence time on subsequent growth of perennial ryegrass. New Phytologist 84, 313 - 318.
- Nazar Anchorena, J.B. 1988. Manejo de pastizales naturales de La Pampa. Tomo II. Convenio AACREA – Provincia de La Pampa. 425 pp.

- Nazar Anchorena, J.B. 1990. Fuegos controlados, parámetros para determinar la conveniencia del uso de fuegos controlados sobre las pasturas naturales. Universidad Nacional de La Pampa. Revista Facultad Agronomía 5, 127 - 129.
- Nelson, J.R., Harris, G.A. y Goebel, C.J. 1970. Genetic vs. environmentally induced variation in medusahead (*Taeniatherum asperum* [Simonkai] Nevski. Ecology 51, 526 - 529.
- Nicora, E. y Rúgolo de Agrasar, Z.E. 1987. Los géneros de Gramíneas de América Austral. Ed. Hemisferio Sur. Buenos Aires.
- Norris, R.F. y Schoner, C.A. 1980. Yellow Foxtail (*Setaria lutescens*) biotype studies: Dormancy and germination. Weed Science 28, 159 – 163.
- Norton, M.R., Garden, D., Waters, C., Whalley, R.B.D., Friend, D., Mitchell, M., Kobelt, E., Aurich, G. and Stanford, P. 2001. The native and Low input Grasses Network - Multi-site testing. Final report prepared for MLA.
- O'Mara, F.P. 2012. The role of grasslands in food security and climate change. Annals of Botany, 110 (6), 1263 - 1270.
- O'Reagain, P.J. y Scanlan, J.C. 2013. Sustainable management for rangelands in a variable climate: evidence and insights from northern Australia. Animal 7, 68 - 78.
- Packard, S., y Mutel, C. F. 1997. The tallgrass restoration handbook: for prairies, savannas, and woodlands. Island Press.
- Pannangpetch K. y 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.
- Parodi, L.R. 1944. Revisión de las gramíneas australes americanas del género *Piptochaetium*. Revista Museo de La Plata, sección Botánica 6, 213 - 310.
- Parodi, L.R.. 1958. Gramíneas Bonaerenses (5ta. Edic.), Ed. ACME, Buenos Aires.
- Parodi, L.R. 1938. El proceso biológico de la domesticación vegetal. Revista Argentina de Agronomía, 5, 1-24.

- Passera, C.B., Borsetto, O., Candia, R.J. y Stasi, CR. 1992. Shrub control and seeding influences on grazing capacity in Argentina. *Journal of Range Management* 12, 137 - 142.
- Peinetti, R.H., Bestelmeyer, B.T., Chirino, C.C., Kin, A.G. y Frank Buss, M.E. 2019. Generalized and Specific State-and-Transition Models to Guide Management and Restoration of Caldenal Forests. *Rangeland Ecology & Management* Volume 72, Issue 2: 230 - 236.
- Peláez, D., Bóo, R.M. y Elia O.R. 1992. Emergence and seedling survival of calden in the semiarid region of Argentina. *Journal of Range Management* 45, 564 - 568.
- Pensiero, J.F. 1995. Sinopsis morfológica y taxonómica de las especies sudamericanas del género *Setaria* (*Poaceae*, *Paniceae*). Tesis doctoral. Facultad Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Nacional de Córdoba. 326 pp.
- Pensiero, J.F., Gutiérrez, H.F., Exner, E.L. y Zabala, J.M. 2011. Variación en caracteres de interés agronómico en poblaciones de *Setaria lachnea* (Ness) Kunth. *Agrociencia* 45, 699 - 709.
- Pereira, E.A., Dall'Agnol, M., Nabinger, C., Costa Huber, K.G., Portella Montardo, D. y Moraes Genro, T.C. 2011. Produção agrônômica de uma coleção de acessos de *Paspalum nicorae* Parodi. *Revista Brasileira Zootecnia* 40 (3), 498 - 508.
- Porta Siota, F., Petruzzi, H., Morici, E. y Suárez, C. 2015. Atributos vegetativos y reproductivos de poblaciones de "flechilla negra" (*Piptochaetium napostaense* Hackel). *Revista Argentina de Producción Animal* Vol 35 (Supl 1): 221. (ISSN impreso 0326-0550).
- Porta Siota, F., Petruzzi, H., Morici, E. y Suárez, C. 2016. Poblaciones de *Piptochaetium napostaense*: evaluación de algunos caracteres agronómicos en el segundo año de establecimiento. *Revista Argentina de Producción Animal* Vol 36 (Supl 1): 393. (ISSN impreso 0326-0550; ISSN en línea 2314-324X).
- Qiu, J., Bai, Y., Fu, Y.B. y Wilmschurst, J.F. 2010. Spatial variation thresholds during seed germination of remnant *Festuca hallii* populations across the Canadian prairie. *Env. Exp. Bot.* 67, 479 - 486.

- Quinn, J.A. y Colosi, J.C. 1977. Separating genotype from environment in germination ecology studies. *American Midland Naturalist* 97, 484 - 489.
- Quiroga, E., Blanco, L. y Oriente, E. 2009. Evaluación de estrategias de rehabilitación de pastizales áridos. *Ecología Austral* 19, 107 – 117.
- Rabotnikof, C.M., Sáenz, A.M., Morici, E. y Lentz, B.C. 2013. Efecto de la quema invernal sobre el valor nutritivo de especies codominantes del pastizal mixto del caldenal en la región semiárida central de Argentina. Universidad Nacional de La Pampa. *Revista de la Facultad de Agronomía* 22, 67-72.
- Ramos Lopes, R., Lopes de Souza, C.H., Pereira, E.A., Frosi Gasparetto, B., Dall’Agnol, M. y Brandão Franke, L. 2017. Genetic variability of the components of seed yield in interspecific hybrids of *Paspalum*. *Revista Brasileira Zootecnia*, 46 (4), 296 - 302.
- Roach, D.A. y Wulff, R.D, 1987 Maternal effects in plants. *Annual review of ecology and systematics* 18 (1), 209-235.
- Rotundo, J.L. 2005. Estudios poblacionales de *Poa ligularis*, una gramínea de zonas áridas amenazada por sobrepastoreo (Tesis doctoral, Universidad de Buenos Aires).
- Rotundo, J. L., Aguiar, M.R. y Benech-Arnold, R. 2015. Understanding erratic seedling emergence in perennial grasses using physiological models and field experimentation. *Plant Ecology* 216, 143 - 156.
- 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. 359 pag.
- Sadras V.O. y Slafer G.A. (2012) Environmental modulation of yield components in cereals: Heritabilities reveal a hierarchy of phenotypic plasticities. *Field Crops Research* 127:215-224.
- Saeed, S. y Shaukat, S.S. 2000. Effect of seed size on germination, emergence, growth and seedling survival of *Senna occidentalis* Link. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 3, 292 - 295.

- Sala, O.E., Vivanco, L. y Flombaum, P. 2013. Grassland Ecosystems. Vol 4 Pages 1-7. En: Levin, S.A. Editor. Encyclopedia of Biodiversity (Second Edition). Academic Press.
- Sánchez Vega, I. 1991. Revisión de las especies peruanas del género *Piptochaetium* J. S. Presl (Gramineae). *Arnaldoa* 1, 11 - 34.
- Sanderson, S.C., Stutz, H.C., McArthur, E.D., 1990. Geographic differentiation in *Atriplex confertifolia*. *American Journal of Botany* 77, 490 - 498.
- Schaal, B.A. 1980. Reproductive capacity and seed size in *Lupinus texensis*. *American Journal of Botany* 67, 703 - 709.
- Schemske, D.W., Husband, B.C., Ruckelhaus, M.H., Goodwillie, C., Parjer, I.M. y Bishop, G. 1994. Evaluating approaches to the conservation of rare and endangered plants. *Ecology* 75, 584 - 606.
- Scheffer, M. y Carpenter, S.R. 2003. Catastrophic regime shifts in ecosystems: linking theory to observation. *Trends in Ecology & Evolution* 18, 648 - 656.
- Schlesinger, W.H., Reynolds, J.F., Cunningham, G.L., Huenneke, L.F., Jarrell, W.M., Virginia, R.A. y Whitford, W.G. 1990. Biological feedbacks in global desertification. *Science* 247: 1043 - 1048.
- 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.
- Sipowicz, A.H. 1994. Ecología y manejo del fuego en el ecosistema del caldenal. *Boletín de Divulgación* N° 51. INTA EEA Anguil. La Pampa. 17 pp.
- Smith, W.E. y Fitzsimmons, J.E. 1965. Maternal inheritance of seed weight in flax. *Canadian Journal of Genetics and Cytology* 7, 658 - 662.
- Snaydon, R.W. 1970. Rapid population differentiation in a mosaic environment. I. The response of *Anthoxanthum odoratum* populations to soils. *Evolution* 24, 257 - 269.

- Stanton, M.L. 1984. Several variation in wild radish: effect of seed size on components of seedling and adult fitness. *Ecology* 65, 1105 - 1112.
- Stanton, M.L. 1984. Developmental and genetic sources of seed weight variation in *Raphanus raphanistrum* L. (Brassicaceae). *Amer. J. Bot.* 71, 1090-1098.
- Stebbins, G.L. 1981. Coevolution of grasses and herbivores. *Annals of Missouri Botanical Garden* 68, 75 - 86.
- Suding, K.N. y Gross, K.L. 2006. The dynamic nature of ecological systems: multiple states and restoration trajectories. En: Falk, D.A., Palmer, M.A., Zedler, J.B. (Eds.), *Foundations of Restoration Ecology*. Island Press, Washington D.C, pp. 190 - 209.
- Tedin, O. 1925. Vererbung, variation und systematik in der gattung Camelian. *Hereditas* 6, 275 - 386.
- Thompson, K., 1990. Genome size, seed size and germination temperature in herbaceous angiosperms. *Evolutionary Trends in Plants* 4, 113-116.
- Tomás, A., Ureta S., Poverene M. 1997. Plasticidad fenotípica de *Piptochaetium napostaense* bajo distintas condiciones de pastoreo. *Actas XVIII Reunión Argentina de Ecología*. 122 p.
- Tomás, M.A, Carrera, A.D. y 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.
- Tomás, M.A. 1999. Variación genética y plasticidad fenotípica en una gramínea perenne del sur del Distrito del Caldén. *Magister en Ciencias Agrarias Departamento de Estudios de Postgrado, UNS*.
- Tomás, M.A, Giordano, M., Cardamone, L., Pilatti, V. y Armando, L. 2016. Mejoramiento genético de *Panicum coloratum* var. *makarikariense*. *INTA. Información técnica de producción animal* 2016: 111 – 117.
- Tongway, D.J. y Ludwig, J.A. 2011. *Restoring Disturbed Landscapes: Putting Principles into Practice*. Island Press, Washington D.C.

- Trillo, T.A. y 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.
- Trow, A.H. 1912. On the inheritance of certain characters in the common groundsel - *Senecio vulgaris*, Linn. - and its segregates. *Journal of Genetics* 2, 239 - 276.
- Trupp, C.R. y Carlson, I.T. 1971. Improvement of seedling vigor of smooth bromegrass (*Bromus inermis* Leyss) by recurrent selection for high seed weight. *Crop Science* 11: 225-228.
- Turesson, G. 1922. The species and the variety as ecological units. *Hereditas* 3, 100 - 113.
- Valencia, J. y Costas, M. 1968. Estudios citotaxonómicos sobre *Piptochaetium* (Gramineae). *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 12, 167 - 179.
- Veenendaal, E.M. y Ernst, W.O. 1991. Dormancy patterns in accessions of caryopses from savanna grass species in South Eastern Botswana, *Acta Botánica Neerlandica* 40, 297 – 309.
- Vieira, R.D. y Carvalho, N.M. 1994. Teste de vigor em sementes, Funep/Unesp, Jaboticabal, Brasil.
- Voight, R.L., Gardner, C.O. y Webster, O.J. 1966. Inheritance of seed size in sorghum, *Sorghum vulgare* Pers. *Crop Science* 6, 582 - 586.
- Walker, K. J., Pywell, R. F., Warman, E. A., Fowbert, J. A., Bhogal, A., & Chambers, B. J. 2004. The importance of former land use in determining successful re-creation of lowland heath in southern England. *Biological Conservation*, 116(2), 289–303.
- Walkley, A. y Black, I.A. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, as a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science* 37: 29 - 38.
- Waller, D.M. 1982. Factors influencing seed weights in *Impatiens capensis* (Balsaminaceae). *American Journal of Botany* 69, 1470 - 1475.



- Waters, C.M., Melville, G.J. y Grice, A.C. 2003. Genotypic variation among sites within eleven australian native grasses. *Rangeland Journal* 25(1) 2003, 70 – 84.
- Watkin, B.R. y Clements, R.I. 1978. The effects of grazing animals on pastures. p. 273-289. En: J.R. Wilson (ed.) *Plant relations in pastures*. CSIRO, East Melbourne, Australia.
- Webb, C.J. 1986. Variation in achene morphology and its implications for taxonomy in *Soliva* subgenus *Soliva* (Anthemideae, Asteraceae). *New Zealand Journal of Botany* 24, 665 - 669.
- Westoby, M., Jurado, E. y Leishman, M. 1992. Comparative evolutionary ecology of seed size. *Trends in Ecology and Evolution* 7, 368 - 372.
- Westoby, M., Rice, B. y Howell, J. 1990. Seed size and plant growth form as factors in dispersal spectra. *Ecology* 71, 1307 - 1315.
- Westoby, M., Falster, D.S., Moles, A.T., Vesk, P.A. y Wright, I.J. 2002. Plant ecological strategies: some leading dimensions of variation between species. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 33, 125 - 159.
- Whisenant, S.G. 1999. *Repairing Damaged Wildlands: a Process Orientated, Landscape-scale Approach*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Whittaker, R.H. 1975. *Communities and Ecosystems*. New York: Mac Millan Publishing Co.
- Williams, W. y McGibbon, R. 1980. Genetic control of seed weight and seed oil in *Lupinus mutabilis*. *Z. Pflanzenzuchtg.* 84 (4), 329 - 334.
- Wilson, A. M., Hyder, D. N. y Briske, D.D. 1976. Drought resistance characteristics of blue grama seedlings. *Agronomy Journal* 68, 479 - 484.
- Wilson, H.D. 1981. Domesticated *Chenopodium* of the Ozark Bluff dwellers. *Economic Botany* 35, 233 – 239.
- Wright, L.N. 1976. Recurrent selection for shifting gene frequency of seed weight in *Panicum antidotale* Retz. *Crop Science* 16, 647 - 649.

- Wright, L. N., 1977. Germination and growth response of seed weight genotypes of *Panicum antidotale* Retz. *Crop Sci.* 17, 176 - 178.
- Wulff, R.D. 1986. Seed Size variation in *Desmodium paniculatum*. II. Effects on seedling growth and physiological performance. *Journal of Ecology* 74, 99 - 114.
- Young, B. A. y Tischler, C. R. 1994. Recurrent selection for greater shoot mass modifies seed mass and seedling vigour in kleingrass. *Seed Science & Technology* 22, 467-475.
- Young, J.A., y Young, C.G. 2009. *Collecting, Processing and Germinating Seeds of Wildland Plants*. Timber Press.
- Zabala, J.M., Tomas, P.A., Schrauf, G.E. y Giavedoni, J.A. 2009a. Variation in seed germination between *Elymus scabrifolius* (Döll) J.H. Hunz. lines from different habitats. *Seed Science & 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.
- Zabala, J.M., Widenhorn, P. y Pensiero, J.F. 2011. Germination patterns of species of the genus *Trichloris* in arid and semiarid environments. *Seed Science & Technology* 39, 338 – 353.
- Zapata, R.R., Rabotnikof, C.M., Filippi, A., Lentz, B.C., Morici, E.F.A., Petruzzi, H.J., Gallace, M.E., Murcia, M.G., Sawczuk, N., Ingentron, F.M. y Stritzler, N.P. 2015. Cobertura de vegetación, suelo y broza en un pastizal de planicie en la provincia de La Pampa. En 38º Congreso Argentino de Producción Animal – AAPA. Santa Rosa, La Pampa. Publicado en Actas.
- 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. y Maun, M.A. 1990. Seed size variation and its effects on seedling growth in *Agropyron psammophilum*. *Botanical Gazette* 151: 106 - 113.

- Zhang, J. 1998. Variation and Allometry of Seed Weight in *Aeschynomene americana*.  
Annals of Botany 82: 843 – 847.
- Zohary, D. 1984. Modes of evolution under domestication. p. 579-586. In W.F. Grant  
(ed.) Plant biosystematics. Acad. Press, New York.