



EVALUACIÓN DE ATRIBUTOS MORFOLÓGICOS Y REPRODUCTIVOS

DE *Sorghastrum pellitum* (Hack.) Parodi.

“Trabajo final de graduación presentado para obtener el título de Ingeniero Agrónomo”

Autores: Bustos, Facundo Javier y Colazo, Emiliano Ricardo

Directora: Dra. Suárez, Carla Etel

Biología/Ecología Vegetal- Facultad de Agronomía.

Codirectora: MSc. Chirino, Cecilia Claudia

Ecología Vegetal-Facultad de Agronomía.

Evaladores: Kin, Alicia Graciela (Fisiología Vegetal) y Muiño, Walter Alejandro (Botánica). Facultad de Agronomía.

FACULTAD DE AGRONOMIA -UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA

Santa Rosa (La Pampa) Argentina

2013

ÍNDICE

Resumen	4
Palabras Clave	4
Abstract	5
Key words	5
Introducción	6
Hipótesis	8
Objetivo general	8
Objetivos particulares	8
Metodología	9
La especie	9
La parcela	10
Componentes del sistema reproductivo	10
Número de macollos con panoja por individuo	11
Número de cariopsis por panoja	11
Fecundidad (m_x)	11
Masa de las cariopsis	11
Germinación	12
Obtención y procesamiento de muestras	12
Viabilidad	12
Efecto materno	12
Efecto de la sequía por medio de una simulación	14
Análisis estadísticos	16

Resultados y Discusión	17
Componentes del sistema reproductivo	17
Relación entre atributos vegetativos y reproductivos	17
Germinación	19
Viabilidad	19
Efecto materno	20
Simulación de sequía	24
Consideraciones finales	27
Agradecimientos	28
Bibliografía	29

RESUMEN

Sorghastrum pellitum (Hack.) Parodi (pasto colorado) fue una especie dominante de gran valor forrajero en los pastizales naturales de la zona semiárida. La gran presión de pastoreo y su casi nula regeneración produjo la desaparición casi total de sus zonas de origen. El objetivo de este trabajo fue evaluar aspectos morfológicos y reproductivos de una cohorte de *S. pellitum* ubicada en el campo de la Facultad de Agronomía, y establecer algunos de los factores que afectan su germinación. A nivel de población se evaluaron: número de macollos con panoja, altura y diámetro de corona. Los ensayos de germinación se realizaron a partir de antecios, se determinó la viabilidad. Se estableció el efecto materno (sobre el 10 % de la población) (n:3) y el efecto de la sequía a través de una simulación con PEG (6000) (n.5). Se utilizó una regresión múltiple para establecer la relación entre altura, diámetro de corona y n° de macollos con panoja. Los análisis de germinación se hicieron con ANOVA de un factor. Para el efecto materno se realizó, además, un análisis componentes principales (PCA). El n° de macollos con panoja estuvo explicado en un 47,38 % por la altura y diámetro de corona. La viabilidad fue del 70%. Se encontraron diferencias significativas, entre los individuos, en cuanto al porcentaje total de germinación, al porcentaje de germinación ponderado (PGP) y al tiempo medio de germinación (TMG). El PCA no mostró una relación entre la germinación y las variables seleccionadas. En cuanto a la simulación de sequía, sólo se encontraron diferencias significativas para los tratamientos en cuanto al porcentaje total de germinación y al PGP. No se observó un efecto materno sobre la germinación; existe gran variabilidad individual, los antecios germinan aún a potenciales bajos y el TMG es variable. Estas características permiten que la especie germine pero comprometen su implantación.

PALABRAS CLAVES: compromisos entre atributos vegetativos y reproductivos, poder germinativo, tiempo medio de germinación, efecto materno, simulación de sequía.

ABSTRACT

Sorghastrum pellitum (Hack.) Parodi (red grass) fodder pasture important, in semiarid zone. This species has been eliminated or reduced to marginal areas due to livestock use and low recruitment. The aim of this study was to evaluate morphological and reproductive aspects of a cohort of *S. pellitum* and to establish some of the factors affecting germination. At the population level were evaluated: number of tillers with panicles, height and crown diameter. The germination tests were evaluated from anthesis, viability was determined. Experiments were conducted to establish the maternal effect (over 10% of the population) (n = 3) and drought effect through a simulation with PEG (6000) (n.5). Multiple regression was used to establish the relationship between height, crown diameter and n° of tillers with panicle. Germination test were evaluate with one-way ANOVA. Maternal effect was also evaluated with principal component analysis (PCA). The n° of tillers with panicle was explained by 47.38% for height and crown diameter. The viability was 70%. The total percentage of germination, the germination percentage weight (PGP) and mean germination time (TMG) showed significant differences. PCA showed no relationship between germination and selected variables. There were significant differences in the total percentage of germination and the PGP in drought simulation tests. There was no maternal effect on germination, there is great individual variability, the anthesis germinate even at low potentials and the TMG is variable. These features allow the species to germinate but undertake its implementation.

KEY WORDS: trade- offs between vegetative and reproductive attributes, germination, mean germination time, maternal effect, simulating drought.

INTRODUCCIÓN

Los estudios de demografía de especies vegetales permiten tener una visión y un entendimiento de la complejidad de factores que acompañan los cambios que se presentan en las poblaciones. La demografía -desde el banco de semillas, el establecimiento de plántulas, el crecimiento (asignación a estructuras vegetativas y reproductivas), la floración y fructificación define tanto la estructura como la dinámica de las poblaciones y puede ser deducida desde las estrategias adoptadas en los diferentes estados del ciclo de vida de las plantas (Harper, 1990; Silvertown & Charlesworth, 2007).

La historia de vida de los organismos queda definida por una serie de compromisos o disyuntivas “*trade offs*”, que se presentan a nivel de los distintos aspectos de la biología de las especies y que son sometidos continuamente a fuerzas selectivas (Molles, 2006).

Algunos ejemplos de estos aspectos, sobre los cuales la selección natural opera a través de costes-beneficios, son: número de descendientes (semillas) vs. tamaño; supervivencia de adultos vs. asignación para la reproducción; edad a la madurez vs. cantidad de energía destinada a la reproducción; tamaño de la semilla vs. velocidad o tiempo medio de germinación (Molles, 2006).

Sorghastrum pellitum fue una de las especies dominantes de los pastizales psammófilos del centro-norte de La Pampa y centro-sur de la provincia de San Luis (Cano *et al.*, 1985). Originalmente estos pastizales conformaban comunidades muy diversificadas en especies menores entre las que se encontraban *Elionurus muticus* (Spreng.) Kuntze “paja amarga”, *Bothriochloa springfieldii* (Gould) Parodi “penacho blanco”, *Digitaria californica* (Benth) Henrard “pasto plateado”, *Poa lanuginosa* Poir “pasto hilo”, *Schizachyrium condensatum* (Kunth.) Nees “pasto escoba” (Cano, 1988; Morici *et al.*, 1997; Estelrich *et al.*,

2004; Rúgolo *et al.*, 2005). Estas áreas, que forman parte de la región semiárida ganadera, fueron intensamente pastoreadas desde principios del siglo XX. La fuerte presión ejercida por el ganado produjo una pérdida importante de las especies nativas más palatables. Así, *Sorghastrum pellitum*, de gran valor forrajero y muy apetecida por el ganado tendió a desaparecer quedando solo reducida a pequeñas áreas (Anderson, 1982, Cabrera, 1970) siendo reemplazada por otras especies de menor valor (Aguilera *et al.*, 1998; Morici *et al.*, 2003).

En la región semiárida central de Argentina, en las últimas décadas, la investigación se había enfocado principalmente a la evaluación de especies forrajeras exóticas que podrían adaptarse a estos ambientes (Martínez *et al.*, 2002; Petruzzi *et al.*, 2003; Ferri *et al.*, 2006) y pocos fueron los ensayos destinados a evaluar posibilidades de reintroducción de especies nativas perdidas por sobrepastoreo en diferentes comunidades de la región (Cano *et al.*, 1985; Giuletti *et al.*, 1986; Terenti *et al.*, 1990; Esterlich & Cano, 1996; Veneciano *et al.*, 1996; Bertiller *et al.*, 1999).

Se conoce que la etapa inicial de desarrollo de *Sorghastrum pellitum* es fundamental para garantizar su buena implantación. En cuanto a condiciones y recursos, las bajas temperaturas y la falta de humedad son los factores limitantes más importantes para su desarrollo y el mejor momento para la reimplantación natural efectiva sería posterior a la diseminación (diciembre), ya que ésta sería la única posibilidad de llegar al período invernal con macollos (Ulrich *et al.*, 2011).

En este estudio, se pretende comprender mejor el comportamiento de esta especie en cuanto a aspectos morfológicos y reproductivos, en el marco de acciones tendientes a recabar información para restauración de áreas naturales y a la reintroducción de especies valiosas del pastizal.

Hipótesis

- La estructura y vigor de la planta madre de *Sorghastrum pellitum* inciden en el poder germinativo de las cariopsis.
- La germinación de *S. pellitum* se ve reducida a potenciales agua de -0,04 MPa.

Objetivo General

- Evaluar en condiciones naturales aspectos morfológicos y reproductivos de una cohorte de *Sorghastrum pellitum* (pasto colorado) y establecer experimentalmente algunos de los factores ambientales y fisiológicos que afectan la germinación de los cariopsis.

Para esto, se plantearon los siguientes *objetivos particulares*:

A campo:

- ➔ Determinar altura, diámetro de corona y número de macollos de los individuos de la población.

En laboratorio:

- ➔ Determinar número de antecios por panoja/por individuo y la masa de las mismas.
- ➔ Establecer el efecto materno sobre la germinación de las cariopsis.
- ➔ Establecer el efecto de la sequía por medio de una simulación con polietilenglicol.

METODOLOGÍA

- *La especie*

S. pellitum (Fig. 1) es una gramínea perteneciente a la tribu Andropogoneae (Parodi, 1971), cespitosa, densa, forma matas grandes (Rúgolo de Agrazar *et al.*, 2005), de ciclo perenne, estival (megatérmica), con sistema fotosintetizante C₄. La altura es de 30-80 cm, el diámetro de las matas puede alcanzar 40 cm, con cañas erectas, numerosas, delgadas, rojizas en su ápice al florecer, de unos 120 cm (Cano, 1988). Posee diásporas, constituidas por antecios o granos vestidos, denominándose de esta manera a la cariopsis cubierta por las glumelas (que la encierran fuertemente en un artejo de la raquilla), que hacen difícil su germinación y por ende su regeneración. Las hojas presentan vainas estriadas, poco pilosas o glabras, con lígula membranosa; láminas linear-filiformes, planas o algo enrolladas, de color verde a verde grisáceo, de 10 a 30 cm de largo, pubescentes en la cara inferior. En la base de las láminas la nervadura central presenta un ensanchamiento muy marcado. La inflorescencia es una panoja densa, velluda, castaño-rojiza; espiguillas oblongo-lanceoladas, caducas; lemma transparente terminada en una arista retorcida de 10-15 mm de largo (Rúgolo de Agrazar *et al.*, 2005)

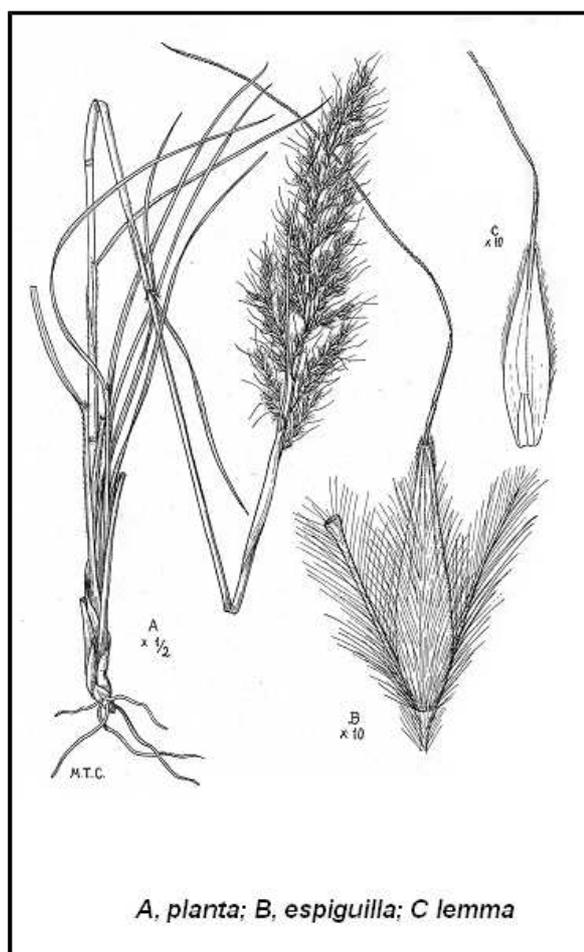


Fig. 1. *Sorghastrum pellitum* (Cabrera, 1970).

- ***La parcela***

En el campo experimental de la Facultad de Agronomía se encuentra establecida desde el año 2007, una parcela de 250 m², cuyas coordenadas son 36°33' 18,8"S y 64°18'07,38"O. Todos los ensayos planteados en este trabajo fueron realizados a partir de la población pasto colorado establecido en dicha parcela (Fig. 2).



Fig. 2. Ubicación de la parcela en el predio de la Facultad de Agronomía- UNLPam.

- ***Componentes del sistema reproductivo***

Se evaluaron los siguientes componentes de la actividad reproductiva:

a) Número de macollos con panoja por individuo:

Este atributo se determinó a partir del conteo de los macollos con panoja sobre el total de individuos de la población (N: 227). Además, se midieron la altura y el diámetro de corona de cada planta (o individuo).

b) Número de cariopsis por panoja:

Se seleccionó el 50% de la población teniendo en cuenta que esté representada la heterogeneidad de la misma en cuanto a arquitectura (altura y diámetro). Sobre estos individuos, se realizó el conteo de cariopsis a partir de la recolección de entre 3 y 6 panojas por planta. Este número fue determinado en función de la disponibilidad de panojas en el momento de la recolección.

c) Fecundidad (m_x):

Este componente se estimó a partir del número promedio de cariopsis producidas sobre el número total de individuos (adaptado a partir de Bazzaz *et al.*, 2000).

d) Masa de las cariopsis:

Se estableció a partir de 1000 antecios. Se utilizó una balanza OHAUS, Modelo Explorer E02140.

- **Germinación**

Obtención y procesamiento de muestras:

Los antecios fueron recolectados en diciembre de 2010. Desde entonces estuvieron almacenados en bolsas de papel, en condiciones de baja humedad y a una temperatura de aproximadamente 20°C, hasta el comienzo de los experimentos.

Para los diferentes ensayos planteados a continuación, los antecios fueron previamente desinfectados con una solución de cloro comercial al 10% durante 3 minutos y posteriormente enjuagados 3 veces con agua destilada para eliminar el exceso de dicha solución. La duración de los ensayos fue de 15 días.

Viabilidad:

Se determinó la viabilidad del pool de cariopsis sobre el 10% de la muestra, con una solución de Cloruro de 2-3-5 trifeniltetrazolio (TTC) al 1% durante 2 horas a 28 °C (Standar procedure for Tetrazolium Testing, 2007)

Efecto materno:

Se seleccionaron 26 individuos (alrededor del 10% de la población) teniendo en cuenta la representación de la variabilidad “natural” de la población. Para este ensayo, se utilizaron cajas de Petri de 9 cm de diámetro preparadas con papel de filtro sobre algodón humedecido con 5 ml de agua destilada. Se usó una caja por individuo y en cada una, se colocaron 25 antecios (n: 3) (Fig. 3).

Los tratamientos se llevaron a cabo bajo condiciones semicontroladas de temperatura y humedad (25/22°C de día/noche).

La germinación se consideró exitosa cuando se observó la presencia de una radícula de al menos 3 mm de longitud. Los conteos se hicieron día por medio.

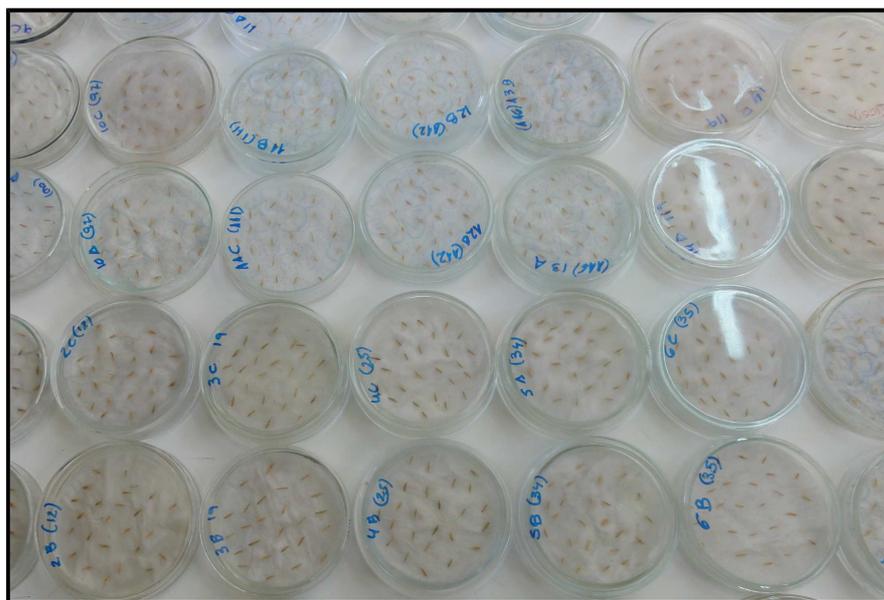


Fig. 3. Ensayo de germinación en laboratorio.

Con los datos obtenidos se calculó el porcentaje total de germinación, el porcentaje de germinación ponderado –PGP– (Reddy *et al.*, 1985) y el tiempo medio de germinación –TMG– (Reyes & Casal, 2002).

El PGP es un índice que otorga un peso máximo a las semillas que germinan primero, disminuyendo la ponderación con el tiempo de germinación.

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

Donde:

$n_1, n_2 \dots n_{final}$ = número de antecios germinados el primero, segundo y días siguientes hasta el final del tratamiento.

$t_{final}, t_{final} - 1, \dots, 1$ = son los pesos (expresados como números de días) dados a los antecios que germinan en diferentes momentos.

N = número total de antecios puestos a germinar en cada caja de Petri.

El TMG se calculó de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$TMG = \frac{N_1 T_1 + N_2 \dots + N_n T_n}{N_1 + N_2 \dots + N_n}$$

Donde:

N_1 es el número de antecios que han germinado durante el tiempo T_1 ,

N_2 es el número que emergió entre el T_1 y el T_2 , etc.

Efecto de la sequía por medio de una simulación:

Para este ensayo, se consideró trabajar con diferentes potenciales agua (Ψ_a) ya que afectan la humedad disponible para las semillas y pueden ser usados para simular gradientes de humedad (Kaye, 1999).

Se utilizó polietilenglicol (PEG) con el fin de lograr soluciones de distinto Ψ_a , este compuesto es un polímero obtenido por métodos industriales, de alta viscosidad y alto peso molecular. Aunque es discutido por sus posibles efectos tóxicos sobre las semillas, es muy empleado en ensayos de germinación ya que por ser una molécula de alto peso molecular no pasa por la membrana plasmática de las células (Emmerich & Hardegree, 1990). Esto provoca que, a pesar de que la semilla se encuentre sumergida, en realidad tenga poca agua disponible. Gracias a esta característica se emplea esta sustancia para realizar pruebas de “simulación” de sequía o deficiencia de agua.

Se llevaron a cabo 3 tratamientos de germinación en los siguientes niveles de Ψ_a :

⇒ Control: $\Psi_a = 0,00$ MPa (agua destilada)

⇒ PEG 1: $\Psi_a = - 0,04$ MPa

⇒ PEG 2: $\Psi_a = - 0,08$ MPa

Para el cálculo de las cantidades de PEG 6000 utilizadas en cada tratamiento se utilizó la ecuación propuesta por Michel & Kaufmann (1973):

$$\Psi_a = - (1,18 \times 10^{-2}) C - (1,18 \times 10^{-4}) C^2 + (2,67 \times 10^{-4}) CT + (8,39 \times 10^{-7}) C^2 T$$

En la cual:

Ψ_a = potencial agua (MPa)

T = temperatura

C = concentración (gramos de PEG 6000/litros de agua)

En cada tratamiento se colocaron 25 antecios por caja de Petri de 9 cm de diámetro sobre 3 hojas de papel de filtro humedecido con 5 ml de las distintas soluciones. Todas las soluciones se prepararon con agua destilada. Se realizaron 5 réplicas (N: 15).

Las cajas de Petri se sellaron con parafilm para evitar la evaporación del agua y de este modo no modificar los potenciales de las soluciones.

Los tratamientos se realizaron bajo condiciones semicontroladas de temperatura y humedad (25/22°C de día/noche). Día por medio se contabilizó el número de cariopsis germinadas.

Una vez por semana se cambiaron los papeles de filtro de todas las cajas y se eliminaron las cariopsis germinadas. Se agregaron nuevamente los 5 ml de cada solución sellándose las cajas.

Con los datos obtenidos se calcularon el porcentaje total de germinación, porcentaje ponderado (PGP) y tiempo medio de germinación (TMG).

- ***Análisis estadísticos***

Se realizó un análisis de regresión múltiple para establecer el tipo de relación entre el número de macollos con panoja y la altura y diámetro de corona. La variable dependiente “número de macollos con panoja” fue transformada (Sokal & Rohlf, 1981) en: $w = \sqrt{P}$ para cumplir con el supuesto de homogeneidad de varianza (donde P es la variable).

El efecto materno y de los diferentes potenciales agua sobre la germinación de los antecios se analizó con ANOVA de un factor. Además, en el caso del efecto materno se realizó como estudio exploratorio un análisis de componentes principales (PCA) para encontrar una proyección que muestre de la mejor manera la relación entre las unidades muestrales, o sea los individuos, y las variables: altura, diámetro, números de macollos con panoja y porcentaje de germinación. En función de los resultados de este análisis se realizó una regresión simple. Los valores promedios del porcentaje de germinación ponderado (PGP) y del tiempo medio de germinación (TMG) fueron analizados con un ANOVA de un factor.

En todos los ensayos para las diferencias entre las medias se usó el test de Tukey. Todos los análisis fueron realizados a un nivel de confianza de 0,05. Se usaron el programa estadístico *InfoStat versión 2008* (2008) y *PC-ORD* (McCune & Mefford, 2011).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

- ***Componentes del sistema reproductivo***

El número promedio de macollos con panoja por individuo fue de 40 ($\pm 34,69$ ES). El número promedio de antecios por panoja fue de 224 ($\pm 75,85$) y la masa de mil antecios fue de 1,412 gr ($\pm 0,0081$). En cuanto al parámetro fecundidad los resultados fueron de 8887 antecios por individuo.

Relación entre atributos vegetativos y reproductivos

El número de macollos con panoja estuvo explicado en un 47,38 % por la altura y diámetro de los individuos. La relación fue altamente significativa (R^2 ajustado 47,38%, r : 68,83%; $F=97,34$; $p < 0,0001$). El porcentaje explicado es elevado, sobre todo si se tiene en cuenta que la asignación reproductiva es un aspecto de la biología determinado por múltiples factores que van desde los ambientales hasta los genéticos (Harper, 1990; Molles, 2006).

Al respecto Pensiero *et al.* (2011) encontraron en *Setaria lachnea* (Nees) Kunth una correlación negativa entre caracteres asociados a la biomasa (vegetativos) y la fecundidad (expresada como porcentaje de la transformación de flores a semillas). Estos autores, indicaron, además, la complejidad que se presenta al momento de seleccionar caracteres para el mejoramiento de las especies forrajeras ya que se presenta un *trade-off* (compromiso) entre cantidad y calidad de forraje vs. producción de semilla.

Las variables altura, diámetro y número de macollos con panoja fueron divididos en diferentes categorías con intervalos previamente definidos. Para la altura el rango de mayor frecuencia fue el de 80 a 140 cm, para diámetro de corona de 11 a 20 cm y el mayor número de individuos presentó de 1 a 40 macollos reproductivos (Figs. 4, 5 y 6, respectivamente).

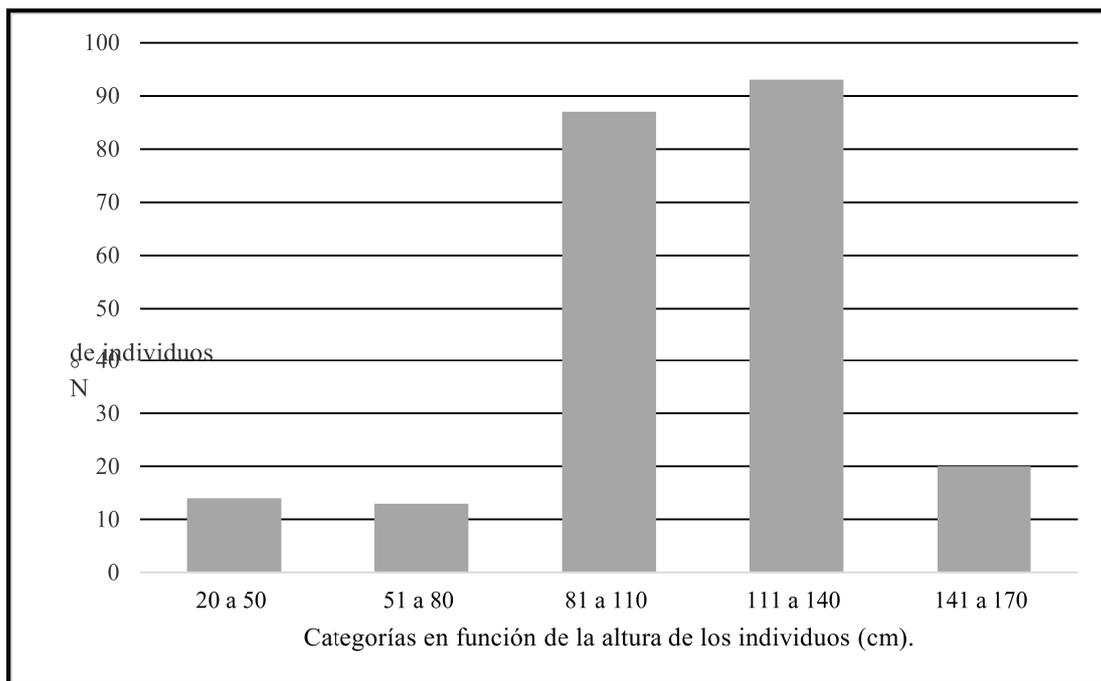


Fig. 4. Frecuencia de individuos en las distintas categorías en función de la altura.

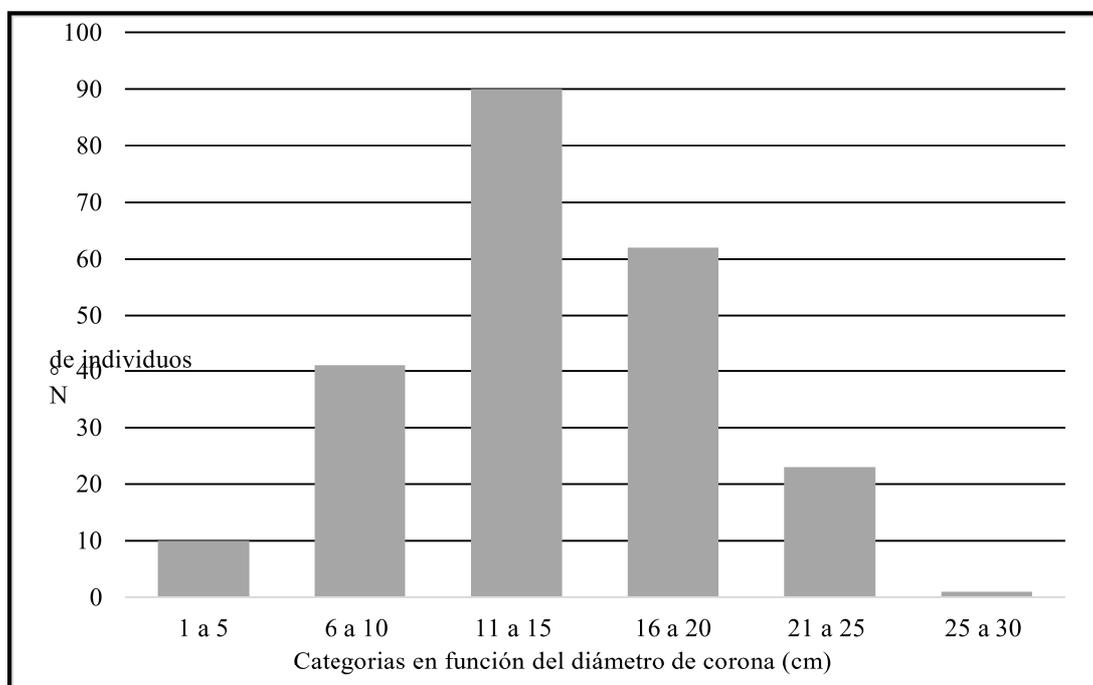


Fig. 5. Frecuencia de individuos en las distintas categorías en función del diámetro de corona.

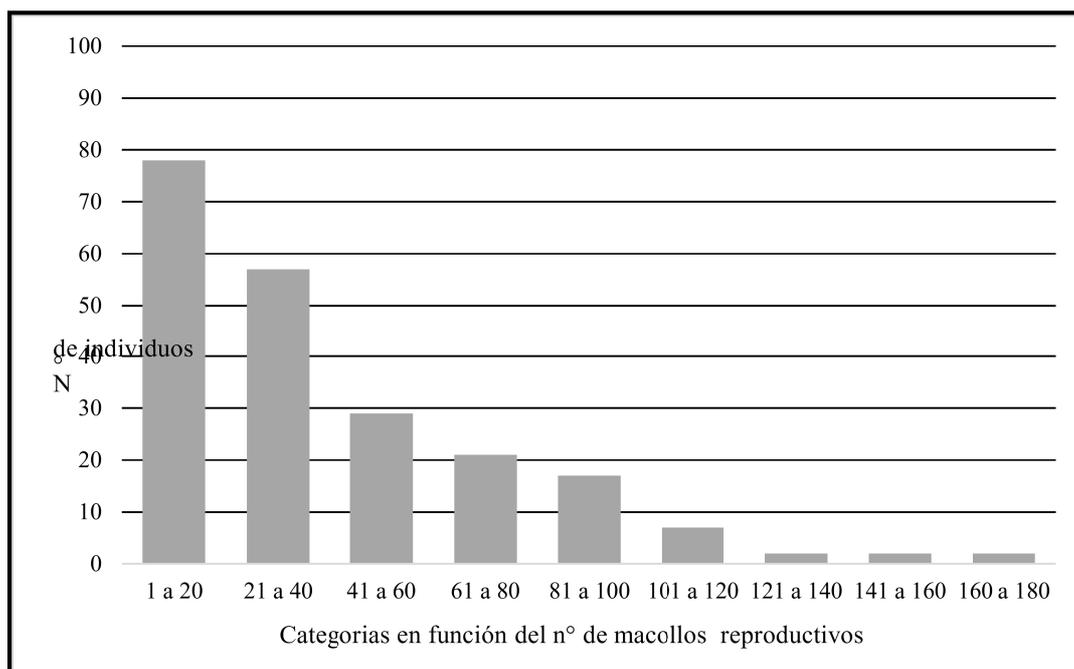


Fig. 6. Frecuencia de individuos en las distintas categorías en función del n° de macollos con panoja.

- **Germinación**

Viabilidad

La viabilidad fue del 70% (Fig. 7). Al respecto, Rossi (2007) menciona en su trabajo valores entre el 90 y el 100 %; sin embargo, también plantea una disminución progresiva de la viabilidad a medida que aumenta el tiempo de almacenaje. Esto podría explicar la diferencia en los porcentajes obtenidos en el presente trabajo, ya que el tiempo transcurrido entre la recolección de las antecios y el ensayo de viabilidad fue de aproximadamente 2 años.



Fig. 7. Test de viabilidad. Vista de la cariopsis teñida.

Efecto materno

Hubo diferencias altamente significativas entre los individuos en cuanto al porcentaje total promedio de germinación ($F= 25,68$; $p < 0,0001$) (Tabla N° 1) (para el análisis estadístico solo fueron considerados aquellos individuos que presentaron valores distintos de cero para la germinación).

El PGP presentó diferencias significativas ($F=37,45$; $p < 0,0001$) entre los distintos individuos, siendo el mayor valor de 69,11% (Tabla N° 1). El TMG también presentó diferencias significativas ($F=3,72$; $p < 0,0001$), fluctuando entre 0,33 y 3,21 días entre los individuos que presentaron germinación (Tabla N° 1).

Tabla N°1. Porcentaje total de germinación, PGP y TMG, para cada individuo.

<i>Indivi duos</i>	<i>PG %</i>	<i>PGP</i>	<i>TMG</i>	<i>Indivi duos</i>	<i>PG %</i>	<i>PGP</i>	<i>TMG</i>
1	0	0	0	14	22,7±1,3 ^{bc}	20,78±1,88 ^{abc}	2,04±0,37 ^{ab}
2	0	0	0	15	0	0	0
3	4±2,30 ^a	3,78±2,32 ^a	1,34±0,88 ^{ab}	16	64±2,3 ^{ef}	62,44±2,12 ^{ef}	1,29±0,032 ^{ab}
4	0	0	0	17	48±0 ^d	35,89±1,55 ^{cd}	3,21±0,42 ^b
5	48±8 ^d	45,11±6,55 ^{de}	1,62±0,31 ^{ab}	18	29,3±4,8 ^c	28,00±6,11 ^{bcd}	1,00±0,00 ^{ab}
6	6,7±3,52 ^a	6,67±3,52 ^{ab}	0,67±0,33 ^a	19	72±2,3 ^f	64,67±2,34 ^{ef}	1,80±0,04 ^{ab}
7	0	0	0	20	0	0	0
8	0	0	0	21	16±0 ^{abc}	13,22±1,41 ^{ab}	2,14±0,82 ^{ab}
9	1,3±1,3 ^a	1,11±1,11 ^a	1,00±1,00 ^{ab}	22	46,7±11,62 ^d	44,33±12,05 ^{de}	1,76±0,40 ^{ab}
10	0	0	0	23	64±6,11 ^{ef}	63,00±5,50 ^{ef}	1,16±0,17 ^{ab}
11	2,7±2,66 ^a	2,22±2,22 ^a	1,00±1,00 ^{ab}	24	1,3±1,3 ^a	1,33±1,33 ^a	0,33±0,34 ^a
12	0	0	0	25	42,7±19,80 ^{de}	38,11±11,12 ^{cd}	2,03±0,42 ^{ab}
13	70±1,3 ^f	69,11±1,45 ^f	1,26±0,20 ^{ab}	26	1,3±1,11 ^a	1,11±1,11 ^a	1,00±1,00 ^{ab}

Medias con distintas letras (por columna) muestran diferencias significativas a un $p < 0,05$.
 (media± error estándar para un nivel α del 5%).

En cuanto al análisis de componentes principales (Fig. 8), los dos primeros ejes explicaron un 90,42% de la variabilidad entre los individuos. El primer componente (49,62%) caracterizó a individuos con mayor número de cañas (eigenvector 0,90), como atributo acompañante se presentó la altura (0,33) y el porcentaje de germinación (-0,28). El segundo componente (40,80) estuvo caracterizado por el mayor porcentaje de germinación (0,95) y el

número de cañas (0,29). El análisis del tercer componente principal no aportó información adicional.

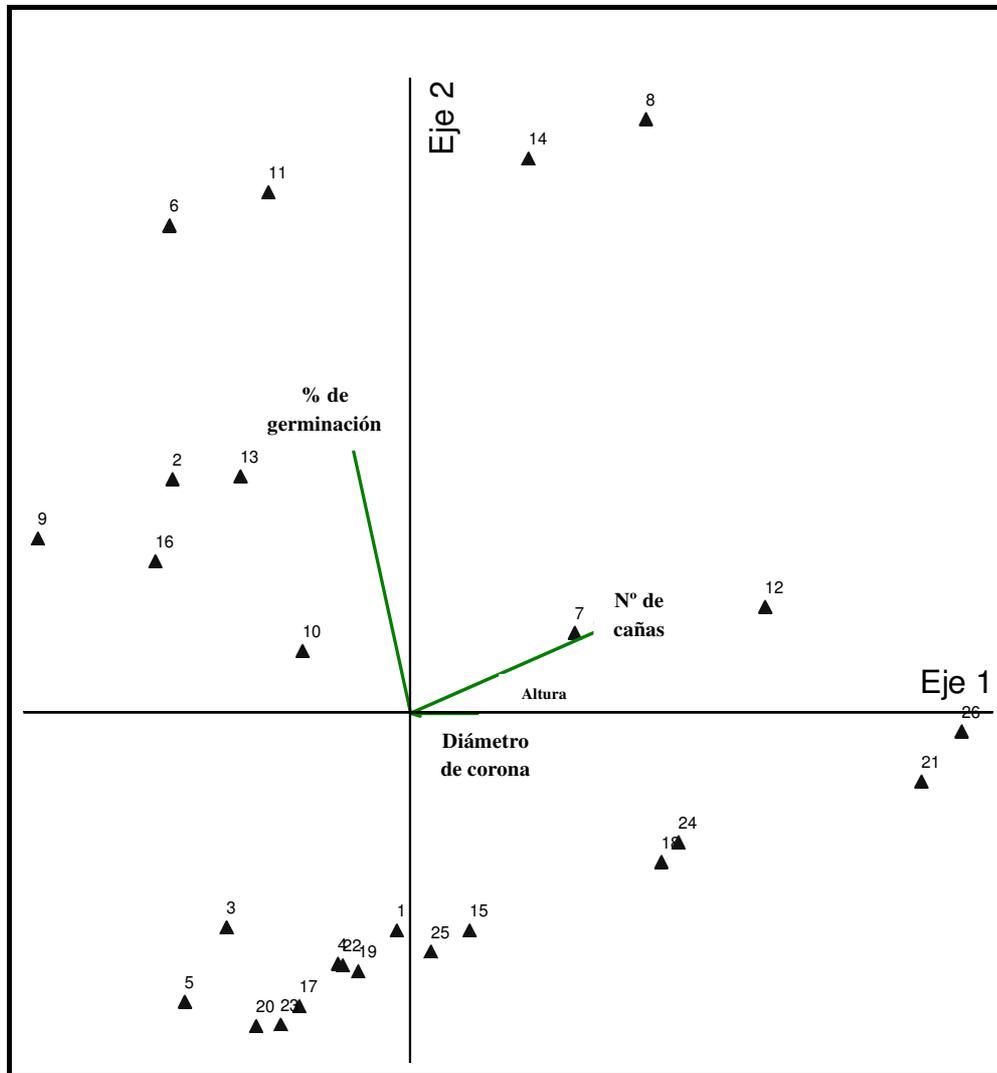


Fig. 8. Análisis de Componentes Principales de los 26 individuos y las 4 variables.

Coincidente con el PCA, el porcentaje de germinación no estuvo explicado (no hubo una relación estadísticamente significativa) por la altura de los individuos, por el número de cañas ni por el diámetro de la corona (regresión “porcentaje de germinación vs altura”:

$p=0,44$; “% de germinación vs. n° de cañas”: $p=0,89$; “% de germinación vs diámetro de corona”: $p=0,40$).

El porcentaje de germinación, variable elegida para analizar el efecto materno, está expuesta a numerosos factores: a escala individual variaciones en los recursos y condiciones en el corto plazo y a nivel local, a escala poblacional los tiempos de emergencia y las asignaciones de los recursos forman parte de los atributos de historia de vida, influenciados en gran parte por la selección natural (Harper, 1990; Molles, 2006; Smith & Smith, 2007). Esto ha dificultado su estudio y principalmente su interpretación. Además, a esto se suma la existencia de distintas metodologías e índices para el cálculo de fecundidad, número y peso de semillas por individuos, cuestiones que permitieron poca comparación con trabajos de otros autores.

Sería entonces, interesante para próximos trabajos medir la fecundidad con otro tipo de índice y además incluir el peso de los antecios que se destinan al ensayo de germinación. De acuerdo con Tomás *et al.* (2007) el peso de la semilla es uno de los factores que afectan la germinación, emergencia y crecimiento inicial, influyendo en el establecimiento y supervivencia de las plántulas. Estos mismos autores encontraron trabajando con *Panicum coloratum* que aumentos en el peso medio de las semillas se correspondieron con un mayor número de plantas emergidas. Por otra parte, Harper (1990) menciona que la semilla es uno de los órganos menos plásticos de la planta, la misma responde fenotípicamente al estrés variando cualquier otro componente del rendimiento antes de que el tamaño de la semilla sea afectado. Tal homeostasis sugiere que el tamaño de la semilla puede ser de mucha mayor importancia en la evolución que el número.

Simulación de sequía

Hubo diferencias significativas en cuanto a la germinación para los diferentes tratamientos ($p < 0,05$). El porcentaje de germinación al décimo día fue de 23% ($\pm 7,15^b$), 17% ($\pm 12,13^{ab}$) y 7% ($\pm 1,78^a$) para los tratamientos control, -0,04 y -0,08 MPa, respectivamente (Fig. 9). Los análisis estadísticos se realizaron al día 10, ya que los porcentajes de germinación se mantuvieron constantes en los días posteriores.

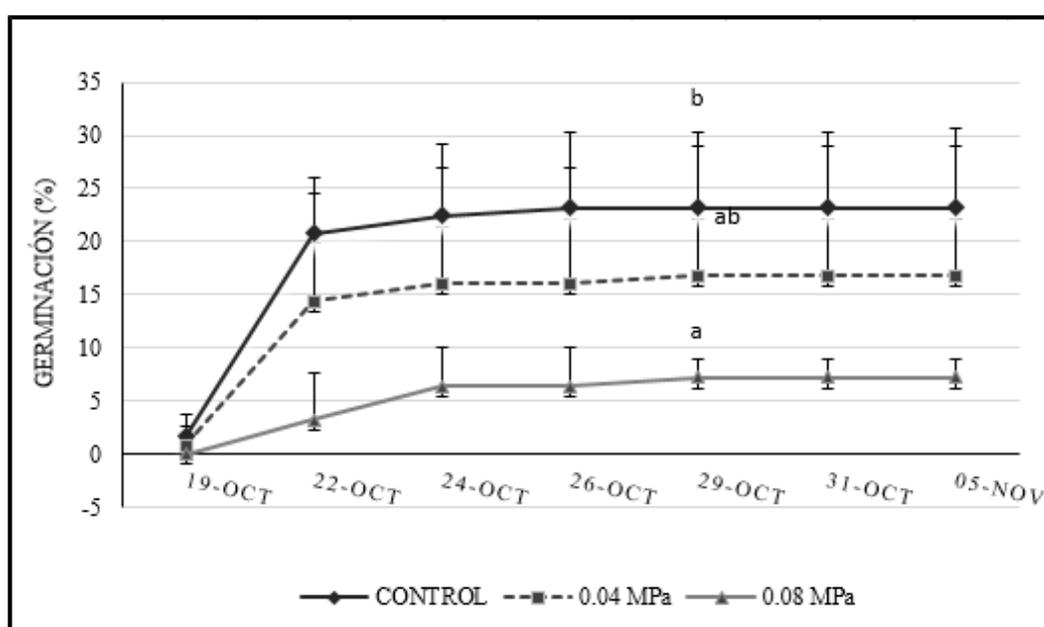


Fig. 9. Porcentaje de germinación acumulado a distintos potenciales agua. (media \pm error estándar para un nivel α del 5%).

En cuanto al PGP y al TMG, ambos tuvieron un comportamiento diferente. El PGP presentó diferencias significativas ($F=6,22$; $p < 0,05$) entre los distintos tratamientos, siendo el mayor valor para el control con un 17,1% (Tabla N°2). El TMG no presentó diferencias significativas ($F=2,66$; $p=0,11$) (Tabla N°2).

Tabla N°2. PGP y TMG para cada tratamiento.

<i>Tratamientos (niveles de Ψ_a):</i>			
	Control	- 0,04MPa	- 0,08MPa
PGP	17,1±5,25 ^a	12±8,00 ^{ab}	4,5±2,23 ^b
TMG	4,07±0,17 ^a	3,40±1,93 ^a	6,2±2,86 ^a

Medias con distintas letras (por fila) muestran diferencias significativas a un $p < 0,05$.

(media ± error estándar para un nivel α del 5%).

Estos resultados son coincidentes con los encontrados en distintos trabajos, en donde se midieron el porcentaje y velocidad de germinación a diferentes potenciales.

Cornaglia *et al.*, (2005) encontró que tanto la velocidad, como la germinación total disminuyeron con el aumento del estrés hídrico. Di Giambatista *et al.*, (2010) obtuvieron resultados similares en *Digitaria eriantha* Steud. y *Trichloris crinita* (Lag.) Parodi, al estudiar la germinación en condiciones de estrés osmótico. Ruiz & Terenti (2012) trabajando con *Agropyron elongatum* (Host.) P. Beauv., *Antheophora pubescens* Nees, *Cenchrus ciliaris* L. y *Panicum coloratum* L., encontraron que una disminución del Ψ_{os} del sustrato afectó de manera diferencial la germinación de las cuatro especies evaluadas, principalmente en el rango comprendido entre 0 y -1,5 MPa.

En *S. pellitum* no se encontró diferencia estadística entre los diferentes tratamientos con respecto al TMG, en contraposición a lo encontrado por los diferentes autores (Cornaglia *et al.*, 2005; Di Gambatista *et al.*, 2010; Ruiz & Terenti, 2012).

El bajo poder germinativo total que se encontró en la especie sin tratamiento puede deberse a varios factores. Rossi (2007) y Strada (2007) obtuvieron un menor poder germinativo con cariopsis vestidas en comparación con cariopsis desnudas. Esta caída en el poder germinativo puede ser el resultado de mecanismos que promueven la latencia de las semillas y que es un fenómeno frecuente en las especies silvestres (Heise, 1988). También se encontraron un alto porcentaje de antecios vacíos (aproximadamente 50%) y antecios en estados inmaduros que contribuyeron a la caída del poder germinativo.

Dentro de la población se pudo encontrar gran versatilidad con respecto a esta variable, desde individuos con nula germinación, hasta individuos con 70 % de germinación, (Tabla N° 1) valor correspondiente a la viabilidad obtenida del conjunto de la población.

CONSIDERACIONES FINALES

No se observó un efecto materno sobre el potencial de germinación. En este sentido, próximos trabajos deberían incluir variables como peso y número de las cariopsis por individuo desarrolladas durante toda la etapa reproductiva. Además, el éxito reproductivo debería incluir el pasaje o transformación de flores a frutos.

El porcentaje de germinación es comparable con el de otras especies C4, encontrando gran variabilidad entre los individuos. La respuesta a la simulación de estrés por sequía indica que las condiciones agroclimáticas de la región son suficientes para iniciar la germinación luego de la diseminación (los potenciales agua de los suelos arenosos son cercanos a los que se utilizan en este trabajo). Sin embargo, si se considera que ésta es una especie cuya diseminación se produce en diciembre, y que presenta un tiempo medio de germinación tan amplio y variable, su posterior implantación se vería significativamente comprometida por las condiciones de sequía propias de los meses de enero y febrero en esta región.

AGRADECIMIENTOS

Emiliano:

Le quiero agradecer a mi familia por todo el apoyo y acompañamiento a través de todos estos años de estudio. A mi novia, Tamara, por el cariño y la fuerza. A mi compañero de tesina, Facundo, por formar un muy buen grupo de trabajo. A nuestra directora Carla Suarez y co-directora Claudia Chirino por todo el conocimiento y esfuerzo brindado. También agradecer a nuestros evaluadores Alicia Kin y Walter Muiño por todas las sugerencias y correcciones en el presente trabajo. Por último, a la Facultad de Agronomía *en su conjunto*, por brindarnos los conocimientos y las herramientas para nuestra vida profesional.

Facundo:

Quería agradecer a mi familia (Noemí, Alberto, Matías y Jimena), por el apoyo incondicional que me brindan. Mi novia Sabrina que me ayuda y da fuerza día a día. A Emiliano, compañero de tesina con el que llevamos adelante este trabajo. A mi directora Carla Suarez y codirectora Claudia Chirino por el seguimiento durante el proceso de aprendizaje. Los evaluadores que también hicieron posible que se culminara este trabajo. A Mabel, ayudante de laboratorio, y todos los que colaboraron de una u otra forma, para poder llevar a cabo el trabajo final de graduación.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilera M., D. F. Steinaker, M. R. Demaria & A. Avila. 1998. Estados y transiciones de los pastizales de *Sorghastrum pellitum* del área medanosa central de San Luis, INTA-EEA San Luis. Villa Mercedes, San Luis, Argentina. *Ecotrópicos* 11: 107-120.
- Anderson D. L. 1982. Gramíneas de San Luis y el sur de Córdoba. Informativo rural de la E.E.A. Villa Mercedes, San Luis, Argentina. Año VII N° 17: 7.
- Bazzaz F. A., D. D. Ackerly & E. G. Reekie. 2000. Reproductive allocation in plants. In: *Seeds: The ecology of regeneration in plant communities*. Fenner, M. (Ed.). CAB International, 2nd edition. pp. 1-29.
- Bertiller M., P. Graff., J. Ares., C. Sain & A. Bisigato. 1999. Segregación espacial de surcos de *Poa ligularis* en el NE. de la Patagonia. XIX Reunión Argentina de ecología. Tucumán. Argentina. pp. 189.
- Cabrera A. L. 1970. Flora de la provincia de Buenos Aires. Tomo IV. Parte II: Gramíneas. Colección científica del INTA. Buenos Aires, Argentina. pp. 624.
- Cano E. 1988. Pastizales naturales de La Pampa. Descripción de las especies más importantes. Tomo I. Convenio AACREA – Provincia de La Pampa, Argentina. pp. 425.
- Cano E., H. Estelrich., A. Sosa & B. Fernández. 1985. Disponibilidad forrajera de un pastizal de *Sorghastrum pellitum* en La Pampa. Actas de las primeras jornadas biológicas y segundas jornadas geológicas de La Pampa. UNLPam. Serie suplemento N° 1. Santa Rosa, Argentina. pp. 6-11.
- Cornaglia P., G. Schrauf, M. Nardi & A. Deregibus. 2005. Emergence of dallisgrass as affected by soil water availability. *Rangeland Ecology & Management*. 58 (1): 35-40.

- Di Giambatista G., M. Garbero, M. Ruiz, A. Giulietti & H. Padranzani. 2010. Germinación de *Trichloris crinita* y *Digitaria eriantha* en condiciones de estrés abiótico. Pastos y Forrajes. 33 (4): 1-10.
- Emmerich W. & Hardegree S. 1990. Polyethylene Glycol Solution contact effects on seed germination. Agronomy Journal 82 (2): 1103-1107.
- Estelrich H. D. & E. Cano. 1996. Dinámica de la degradabilidad rumial in sacco de la fitomasa aérea de especies nativas de la Región Semiárida Pampeana (Argentina). Revista de la Facultad de Agronomía – UNLPam. Santa Rosa, Argentina. 9: 1-15.
- Estelrich H. D., P. E. Steibel, H. O. Troiani, B. Fernández, E. F. A. Morici & C. C. Chirino. 2004. Estancia San Eduardo-El Pampa-Pastizales de Rucanelo. En Identificación de áreas valiosas de pastizal (AVPs) en las pampas y campos de Argentina, Uruguay y sur de Brasil. (eds) D. Bilenca y F. Miñarro. 1ª ed. pp. 352.
- Ferri C. M., M. Brizuela & N. Stritzler. 2006. Dinámica de acumulación de láminas foliares y estructura del forraje diferido de *Panicum coloratum*, Agricultura Técnica. 66: 376-384
- Giulietti J. D. & J. E. Jackson. 1986. Composición botánica de las dietas anuales de bovinos y equinos en un pastizal natural de la provincia de San Luis, Argentina. Revista Argentina de Producción Animal. 6: 289-296
- Harper J. L. 1990. Population biology of plants. Eighth impression. Academic Press. London. pp. 892
- Heise C. B. 1988. Aspect of unconscious selection and the evolution of domesticated plants. Euphytica 37: 77-81
- InfoStat. 2008. InfoStat versión 2008. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

- Kaye T. N. 1999. From flowering to dispersal: reproductive ecology of an endemic plant, *Astragalus australis* var. *olympicus* (Fabaceae). *American Journal of Botany* 86: 1248-1256.
- Martínez O., M. de los A. Ruiz & F. J. Babinec. 2002. Implantación de gramíneas forrajeras perennes estivales de importancia para la región pampeana semiárida. VIII Jornadas pampeanas de Ciencias Naturales. 4 al 6 de diciembre 2002. Santa Rosa. La Pampa. pp. 143-145.
- McCune, B. and M.J. Mefford. 2011. PC-ORD. Multivariate Analysis of Ecological Data. Version 6. MjM Software, Gleneden Beach, Oregon, U.S.A.
- Michel B. E. & M. R. Kaufmann. 1973. Potential of polyethylene glycol 6000. *Plant Physiology* 51: 914-916.
- Molles, M. C. 2006. *Ecología. Conceptos y Aplicaciones*. Tercera Edición. Ed. Mc Graw – Hill. pp. 704.
- Morici E., B. Fernández, C. Chirino, D. Estelrich & M. Berrueta. 1997. El pastizal samófilo de la región semiárida pampeana. Estado actual y propuestas para su recuperación. XIX Jornadas de ecología. pp. 92.
- Morici E.F.A., R. Ernst, A. Kin, D. Estelrich, M. Mazzola & S. Poey. 2003. Efecto del pastoreo en un pastizal semiárido de argentina según la distancia a la aguada. *Archivos de Zootecnia* 52: 59-66. ISSN 0004-0592
- Parodi L. R. 1971. Gramíneas bonaerenses. Clave para la determinación de los géneros y enumeración de las especies. Quinta edición. Tercera reimpresión. Editorial ACME S.A.C.I. Buenos Aires, Argentina. pp. 142.

- Pensiero, J. F.; Gutierrez, H. F.; Exner, E. & Zabala, J. M. 2011 Variación en caracteres de interés agronómico en poblaciones de *Setaria lachnea* (Nees) Kunth. *AGROCIENCIA*, 45: 699-709.
- Petruzzi H. J., N. P. Stritzler, E. O. Adema, C. M. Ferri & J. H. Pagella. 2003. Mijo perenne. Publicación Técnica N° 51. INTA EEA Anguil "Ing. Agr. Guillermo Covas", Argentina. pp. 28
- Reddy L. V., R. J. Metzger & T. M. Ching. 1985. Effect of temperature on dormancy of wheat. *Crop Science* 25: 455-458.
- Reyes O. & M. Casal. 2002. Experimental field emergence and early survival of six tree species in relation to forest fires. *Fire Biological Processes*. pp. 277-290.
- Rossi, A. C. 2007. *Sorghastrum pellitum* (Poaceae): Viabilidad y Germinación. Tesis de Graduación para obtener el título de Ingeniera en Recursos Naturales y Medio Ambiente. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad Nacional de La Pampa. pp. 30.
- Rúgolo de Agrazar Z. E., P. E. Steibel & H. O. Troiani. 2005. Manual ilustrado de las gramíneas de la provincia de La Pampa. Primera edición. Editorial de la Universidad de La Pampa y editorial de la Universidad de Río Cuarto, Córdoba. Argentina. pp. 359.
- Ruiz M. & O. Terenti. 2012. Evaluación comparativa de cuatro especies forrajeras bajo condiciones de estrés hídrico y salino durante la germinación. *Agriscientia*. 29 (2): 91-97.
- Silvertown J. W & D. Charlesworth. 2007. *Introduction to Plant Population Biology*. Blackwell Science. Fourth Edition. pp. 347.
- Smith, T. M. & Smith, R. L. 2007. *Ecología*. 6ª Edición. Pearson Addison Wesley. pp. 776.

- Sokal, R.R. & Rohlf, F.J. 1981. Biometry. The principles and practice of statistics in biological research. WH Freeman & Company. New York. pp. 859.
- Standar procedure for Tetrazolium Testing. 2007. Cap. 6. Seed Science and Technology Rules.
- Strada, J. 2007. Obtención de plantas de *Sorghastrum pellitum* (Poaceae, Andropogoneae) en condiciones de invernadero. Tesis de grado para la obtención del título de Ingeniería en Recursos Naturales y Medio Ambiente. Universidad de La Pampa. pp. 20.
- Terenti O. A., E. L. Oriente, J. H. Veneciano & J. R. Casagrande. 1990. "Poa ligularis Nees: Domesticación de una forrajera promisoría para la región templada semiárida. I. Implantación y cosecha". Información Técnica n° 114. INTA EEA San Luis, Argentina. pp. 26.
- Tomás M. A., G. D. Berone, J. M. Pisani, A. N. Ribotta & E. Biderbost. 2007. Relación entre peso de semillas, poder germinativo y emergencia de plántulas en clones de *Panicum coloratum* L. Revista Argentina de Producción Animal. 27 (1): 205-206.
- Ulrich A., C. Chirino & E. Morici. 2011. Evaluación de una población de *Sorghastrum pellitum* (Hack.) Parodi hasta su reintroducción en áreas medanosas. Rev.Fac.Agron. UNLPam 11: 22–31.
- Veneciano J. H., O. A. Terenti, R. Sager & J. A. Berton. 1996. Variación estacional de rendimiento, proteína bruta y minerales en *Sorghastrum pellitum* (Hack.) Parodi (pasto de vaca). Información técnica N° 139. INTA EEA San Luis, Argentina. pp. 1-28.