

Recibido 19 de septiembre de 2016 // Aceptado 15 de agosto de 2017 // Publicado online 03 de abril de 2018

Pureza física y germinación de cariopses de *Chloris gayana* Kunth y *Panicum coloratum* L. cosechados de plantas cultivadas en un suelo alcalino-sódico

GARCÍA, M.D.¹; PESQUEIRA, J.¹; OTONDO, J.²

RESUMEN

El objetivo del estudio fue evaluar la pureza física, el porcentaje de germinación (G), la velocidad de germinación (VG) de cariopses de *Chloris gayana* cv. Finecut (*Cg*) y *Panicum coloratum* cv. Klein Verde (*Pc*) recolectados de plantas cultivadas en un suelo alcalino-sódico (pH = 9,8 y $CE_e = dS m^{-1}$ y PSI, PSI = 26,2%). Para comparar la G de ambas especies, 50 cariopses (n = 4) se incubaron en agua. Para evaluar la respuesta de la G a la salinidad y a la alcalinidad se realizó un experimento con diseño completamente aleatorizado y estructura factorial (n = 4) de dos especies x cuatro concentraciones de sales de Na⁺ (25, 50, 100 y 150 mM) x dos pH (6 y 10). Los tratamientos consistieron en combinaciones 1:1 de NaCl + SO₄Na (pH = 6) y Na₂CO₃ + NaHCO₃ (pH = 10): 25mM-pH6 (control); 25mM-pH10; 50mM-pH6; 50mM-pH10; 100mM-pH6; 100mM-pH10; 150mM-pH6 y 150mM-pH10. Muestras del material obtenido de la dispersión natural de panojas de *Cg* y *Pc* contenían (media ± EEM; % del peso total): cariopses cubiertos por las glumas (53 ± 2,6; 41,3 ± 4,6), cariopses aislados (1,4 ± 0,6; 10,3 ± 1,95), cariopses vacíos (32,9 ± 2,4; 22,7 ± 2,4) y material inerte (12,5 ± 2,2; 25,7 ± 2,1). En agua, los valores (media ± EEM) de G (%) y VG (%) de *Cg* (96,5 ± 2,4 y 54,7 ± 7) y *Pc* (89,2 ± 3,6 y 51,7 ± 5,5) fueron similares. En presencia de 25 mM de sal, el incremento del pH de 6 a 10 no inhibió la G de *Cg* (94,4 ± 2,55 y 90,7 ± 3,7) ni de *Pc* (93,9 ± 2,2 y 92,95 ± 1,9). La incubación en 50mM-pH=10 inhibió la G de *Pc* (33,2 ± 4,7), pero no la de *Cg* (93,5 ± 3,3). La solución 100mM-pH=10 inhibió mucho más la germinación de *Pc* (2,5 ± 1,5) que la de *Cg* (66,35 ± 5,5), y 150mM-pH10 inhibió fuertemente la germinación de *Cg* (3,5 ± 1,5) y *Pc* (0 ± 0). En las soluciones con pH = 6, la G de *Cg* y *Pc* no se vio afectada hasta 100 mM de sal, pero en 150 mM se redujo 25% y 20%, respectivamente, en relación con la observada en 25mM-pH=6. La VG también se redujo más por la alcalinidad en *Pc* que en *Cg*. La VG de ambas especies respondió de manera similar a los incrementos de salinidad en las soluciones neutras (pH = 6). La VG de los cariopses incubados en 50mM-pH=6 no se diferenció del control en ninguna de las dos especies. Con cada incremento superior a 50 mM, la VG disminuyó en ambas especies, en relación con el control respectivo.

Palabras clave: salinidad, alcalinidad, poácea forrajera megatérmica, velocidad de germinación.

ABSTRACT

The objective of the study was to evaluate physical purity, germination percentage (G) and germination velocity (GV) of caryopses of *Chloris gayana* cv. Finecut (*Cg*) and *Panicum coloratum* cv. Klein Verde (*Pc*)

¹Universidad Nacional de Lomas de Zamora, Facultad de Ciencias Agrarias, Ruta 4 km 2 (1836) Llavallol, Buenos Aires, Argentina.

²Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Cuenca del Salado, (7130) Chascomús, Buenos Aires, Argentina. Correo electrónico: mariadinagarcia@yahoo.com

collected from plants grown in an alkaline-sodic soil ($pH = 9.8$, $EC_e = 0.69 \text{ dS m}^{-1}$, $EPS = 26.2\%$). To compare G of both species, 50 caryopses ($n = 5$) were incubated in deionized water. To evaluate G responses to salinity and alkalinity, an experiment with completely randomized design and factorial structure ($n = 4$) of two species \times four concentrations of Na^+ -salts (25, 50, 100 and 150 mM) \times two pHs (6 and 10) was performed. Treatments consisted in combinations 1:1 of $NaCl + SO_4Na$ ($pH = 6$) and $Na_2CO_3 + NaHCO_3$ ($pH = 10$): 25mM-pH6 (control); 25mM-pH10; 50mM-pH6; 50 mM-pH10; 100mM-pH6; 100mM-pH10; 150mM-pH6 and 150mM-pH10. Samples of the natural-dispersal material from panicles of *Cg* and *Pc* contained (mean \pm SEM; % of total weight): caryopses covered by glumes (53 ± 2.6 ; 41.3 ± 4.6), isolated caryopses (1.4 ± 0.6 ; 10.3 ± 1.95), empty caryopses (32.9 ± 2.4 ; 22.7 ± 2.4) and inert materials (12.5 ± 2.2 ; 25.7 ± 2.1). Caryopses of *Cg* and *Pc* incubated in water showed similar values (mean \pm SEM, in %) of G (96.5 ± 2.4 and 89.2 ± 3.6) and GV (54.7 ± 7 and 51.7 ± 5.5). In the presence of salt 25 mM, the increment of pH from 6 to 10 did not inhibit G of *Cg* (94.4 ± 2.55 and 90.7 ± 3.7) or *Pc* (93.9 ± 2.2 and 92.95 ± 1.9). Incubation in 50mM-pH=10 inhibited G of *Pc* (33.2 ± 4.7) but not G of *Cg* (93.5 ± 3.3). The solution 100mM-pH=10 inhibited more the germination of *Pc* (2.5 ± 1.5) than that of *Cg* (66.35 ± 5.5), and 150mM-pH10 strongly inhibited germination of both species, *Cg* (3.5 ± 1.5) and *Pc* (0 ± 0). In solutions with $pH = 6$, the G of *Cg* and *Pc* was not affected up to 100 mM of salt, but 150 mM induced decreases of 25 % and 20 % of G , respectively, in relation to that observed in 25mM-pH=6. The increment of pH also affected more GV of *Pc* than that of *Cg*. GV of both species responded in a similar way to increases of salinity in neutral ($pH = 6$) solutions. The GV of the caryopses incubated in 50mM-pH=6 did not differ from their respective controls. From 50 mM, each increase of salt concentration induced the decrease of GV of both species, relative to their respective controls.

Keywords: salinity, alkalinity, megathermic forage poaceae, germination velocity.

INTRODUCCIÓN

La FAO/UNESCO estima que la superficie global afectada por la salinidad y la alcalinidad supera las 900 millones de hectáreas (Wicke *et al.*, 2011). En la provincia de Buenos Aires, por ejemplo, 7 millones de ha (24% de la superficie de la provincia) están ocupadas por suelos con problemas de hidrohalmorfismo (Miaczynski, 1995), la gran mayoría de los cuales se ubican en la Cuenca del Salado. Dentro de los suelos que predominan en esta cuenca se encuentran los Natracualfes y Natralcuoles típicos, que a nivel provincial abarcan más de 4,7 millones de ha ($\cong 15,66\%$ de la superficie total). Estos suelos poseen un horizonte arcilloso, de baja permeabilidad y alto contenido de sales sódicas (Miaczynski, 1995). Las condiciones mencionadas generan un ambiente edáfico restrictivo para la germinación y el crecimiento de la mayoría de las especies vegetales, sobre todo cuando los factores mencionados se combinan en un mismo suelo (salinidad, alcalinidad y anegamiento o sequía).

Existen numerosos estudios sobre los efectos de la salinidad en la germinación y el crecimiento de las plantas, pero hay poca información sobre los efectos de la alcalinidad. En los últimos años se incrementaron los estudios sobre los efectos de la alcalinidad sobre la germinación de las semillas, el crecimiento y el metabolismo de las plantas. En estos estudios, la alcalinización y estabilización del pH de la solución nutritiva normalmente se ha logrado mediante el agregado del tampón Tris(hidroximetil)amino-metano (lo que permite independizar completamente el pH de la concentración de sal) (Singh *et al.*, 2002; Avaca *et al.*, 2015), o mediante la combinación de diferentes proporciones y concentraciones de bicarbonato y carbonato

de Na^+ (lo cual genera soluciones con distintos niveles de alcalinidad y salinidad) (Guo *et al.*, 2010; Li *et al.*, 2010). Estas investigaciones han mostrado que las sales de sodio alcalinas ($NaHCO_3$ y Na_2CO_3) producen un efecto más perjudicial que concentraciones equimolares de sales neutras ($NaCl$ y Na_2SO_4) sobre las plantas. Por ejemplo, la germinación de las semillas se inhibió más en presencia de sales alcalinas que de sales neutras en *Medicago sativa* L. (Li *et al.*, 2010), *Leymus chinensis* (Trin.) Tzvelev (Ma *et al.*, 2015), *Medicago ruthenica* (L.) Sojak, (Guan *et al.*, 2009), *Chloris virgata* Sw. (Lin *et al.*, 2015), *Triticum aestivum* L. (Guo *et al.*, 2010), *Sorghum bicolor* (L.) Moench (Zhao *et al.*, 2014), *Panicum virgatum* L. (Lui *et al.*, 2014), *Chloris gayana* Kunth y *Panicum coloratum* L. (García *et al.*, 2015), *Setaria viridis* (L.) P. Beauv. (Guo *et al.*, 2011), *Helianthus annuus* L. (Liu *et al.*, 2010), diversas especies para césped (Zhang y Rue, 2014), entre otras.

Panicum coloratum L. y *Chloris gayana* Kunth son poáceas perennes subtropicales caracterizadas por una elevada producción de biomasa de un valor nutricional adecuado para satisfacer los requerimientos del rodeo de cría vacuno (Avila *et al.*, 2012). La implantación de *C. gayana* y *P. coloratum* logran incrementar la productividad respecto de la comunidad natural de halófitas, aunque no superan su calidad nutricional (Otondo, 2011). Además presentan tolerancia a la sequía (Ghannoum, 2009; Ponsens *et al.*, 2010), salinidad (Ribotta *et al.*, 2013), periodos cortos de anegamiento (Imaz *et al.*, 2015), alcalinidad (García *et al.*, 2015; Avaca *et al.*, 2015) y tolerancia moderada a las heladas (Jones, 1969; Pesqueira *et al.*, 2016). Estas características las hacen interesantes para su cultivo en la zona de la Depresión del Salado.

P. coloratum cv. Klein verde y *C. gayana* cv. Finecut se sembraron en el año 2012 en la Chacra Experimental Integrada Chascomús (Buenos Aires) en un suelo con pH = 9,8; $CE_e = 0,69 \text{ dS m}^{-1}$ y PSI = 26,2%. La emergencia y la producción de biomasa de *P. coloratum* y *C. gayana* el año de implantación fueron similares (Otondo *et al.*, 2014). Luego de tres años, *P. coloratum* cv. Klein produjo 36% más biomasa que el promedio del pastizal natural, *Thinopyrum ponticum* (Podp.) Liu & Wang y *C. gayana* (Pesqueira *et al.*, 2015).

P. coloratum presenta una floración muy heterogénea, semillas que maduran irregularmente y están dormidas al momento de la dispersión. La forma de reproducción es principalmente por semillas, las cuales pierden por completo la dormición luego de 6 meses de posmadurado (Petruzzi y Stritzler, 2003). *C. gayana* se propaga vegetativamente a través de estolones, la floración se concentra en la primera mitad del otoño y produce gran cantidad de semillas con elevado poder germinativo, lo cual favorece la resiembra y rápida cobertura del suelo (Avila *et al.*, 2012). Sin embargo, bajo las condiciones de cultivo de las parcelas establecidas en Chascomús, durante las evaluaciones de cobertura realizadas en primavera-verano no se observa el nacimiento de plántulas nuevas de *C. gayana* ni de *P. coloratum*, a pesar de que las plantas establecidas producen abundante semilla cada verano (datos no mostrados). El ambiente en el cual crece la planta madre puede afectar diversas características de las semillas, por ejemplo la producción, el peso, la viabilidad, el nivel de dormición, entre otras (Fenner, 1991). Young y Evans (1981) observaron que la emergencia y crecimiento de plántulas de *Elymus cinereus* (Scribn. & Merr.) A. Löve en un suelo salino/alcalino fue mejor a partir de semillas obtenidas de plantas que habían crecido en un suelo no alcalino que de plantas que habían crecido en un suelo salino-alcalino. En cambio, Koyro y Eisa (2008) observaron que plantas de *Chenopodium quinoa* Willd. cultivadas en soluciones nutritivas que contenían 100, 300 o 500 mM de NaCl produjeron semillas con mayor velocidad de germinación en medios salinos que las semillas obtenidas de plantas que habían crecido en soluciones nutritivas sin el agregado de NaCl.

Hasta el presente no se han publicado datos sobre los atributos de calidad (pureza, poder germinativo y velocidad germinativa) de las semillas producidas por plantas de *C. gayana* y *P. coloratum* cultivadas en suelos alcalino-sódicos. Los objetivos de este estudio fueron evaluar la pureza física, la germinación final (G) y la velocidad de germinación (VG) de cariopses de *Chloris gayana* cv. Finecut (Cg) y *Panicum coloratum* cv. Klein Verde (Pc) cosechadas de plantas cultivadas en un suelo alcalino-sódico.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal

Unidades de dispersión (cariopses cubiertos por las glumas y glumelas) cosechadas de plantas de *Chloris gayana* cv. Finecut (Cg) y *Panicum coloratum* cv. Klein Verde (Pc) que crecen en un suelo Natracualf típico con pH = 9,8, con-

ductividad eléctrica del extracto acuoso, $CE_e = 0,69 \text{ dS m}^{-1}$ y porcentaje de sodio intercambiable, PSI = 26,2%.

Métodos

Las inflorescencias se envolvieron con tul translúcido desde el 9 de marzo al 10 de abril de 2015 para recolectar los cariopses dispersados naturalmente durante ese periodo. La pureza física se determinó a partir de 10 submuestras de cada especie, de las cuales se tomaron los pesos parciales de las siguientes fracciones: unidades de dispersión, cariopses desnudos, cariopses vanos o vacíos y material inerte. Debido a la baja germinación (media \pm EEM, en %) que mostraron los cariopses de Pc ($26,4 \pm 3,4$) se realizó un pretratamiento con H_2SO_4 para romper la dormición. El pretratamiento consistió en la inmersión de las unidades de dispersión con cariopses desarrollados de Pc en H_2SO_4 concentrado durante 10 minutos (50 cariopses por ml), seguido de tres enjuagues consecutivos con: i) agua helada (enfriada a 0 °C con hielo), ii) solución 1 M de $NaHCO_3$ para neutralizar y iii) agua helada (adaptado de Voigt y Tischler, 1997).

Para evaluar la respuesta de la germinación a la salinidad/alcalinidad de la solución de incubación se realizó un experimento con diseño completamente aleatorizado y estructura factorial de dos especies x cuatro concentraciones de sales de Na^+ x dos pH, con cuatro repeticiones. Los tratamientos consistieron en combinaciones 1:1 de sales de Na^+ neutras ($NaCl + SO_4Na$, pH = 6) o alcalinas ($Na_2CO_3 + NaHCO_3$, pH = 10) en las siguientes concentraciones (mM): 25, 50, 100 y 150 (tabla 1). A los 40 días de la recolección se seleccionaron las unidades de dispersión que contenían cariopses desarrollados (en adelante llamados cariopses) y se colocaron en cajas de Petri de 9 mm sobre dos discos de papel de filtro (50 cariopses por caja) embebidos en agua desionizada para determinar el poder germinativo o en la solución del tratamiento correspondiente (tabla 1) para evaluar la respuesta a la salinidad/alcalinidad. Las cajas se mantuvieron 26 días bajo un régimen alterno de 12 h de luz y 12 h de oscuridad a temperaturas (media \pm EEM, °C) de $28,00 \pm 0,14$ y $23,04 \pm 0,08$, respectivamente. Los datos se sometieron al análisis de la varianza, y cuando este detectó diferencias significativas, las medias se separaron mediante la prueba de Diferencia Mínima Significativa de Fisher, $p \leq 0,005$, con el programa Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2013).

El porcentaje de germinación se calculó mediante la fórmula siguiente:

$$G (\%) = \frac{\text{número de cariopses germinados}}{\text{número total de cariopses}} \times 100$$

La VG se estimó mediante el índice de VG de Timson (Timson, 1965) modificado:

$$VG (\% \text{ día}^{-1}) = \frac{\Sigma G}{t}$$

Donde G es el porcentaje de cariopses nuevos germinados en cada conteo y t son los días transcurridos hasta ese conteo (Zhang y Rue, 2014).

Tratamiento	pH	CE _s (dS m ⁻¹)	Concentración (mM) de sal			
			NaCl	SO ₄ Na ₂	NaHCO ₃	Na ₂ CO ₃
N25 (control)	6	4,24	12,5	12,5	0	0
N50	6	7,28	25	25	0	0
N100	6	12,35	50	50	0	0
N150	6	19,15	75	75	0	0
A25	10	3,31	0	0	12,5	12,5
A50	10	6,16	0	0	25	25
A100	10	11,32	0	0	50	50
A150	10	16,01	0	0	75	75

Tabla 1. Composición salina, pH y conductividad eléctrica (CE_s) de las soluciones de incubación (tratamientos) de los cariopses.

RESULTADOS

El peso total de las muestras recolectadas a partir de la dispersión de las panojas de *Cg* y *Pc* estaba compuesto por 54% y 52%, respectivamente, de cariopses desarrollados (tanto cubiertos por las glumas como desnudos), el resto por cariopses vacíos y materiales inertes (tabla 2).

Los valores (media ± EEM) de G (%) y VG (% d⁻¹) de los cariopses incubados en agua fueron similares para *Cg* (96,5 ± 2,4 y 54,7 ± 7,9, respectivamente) y *Pc* (89,2 ± 3,6 y 51,7 ± 5,5, respectivamente), los últimos pretratados con H₂SO₄. Además, los valores de G y VG de ambas especies en N25 (figuras 1 a y b) no se diferenciaron de los valores obtenidos en agua, por lo cual el tratamiento N25 se consideró como el control para evaluar los efectos de la salinidad y el pH sobre la germinación.

Los tres factores evaluados y su interacción afectaron la G ($p < 0,001$). Los cariopses de *Cg* y *Pc* incubados en A25 mostraron porcentajes de G similares a los incubados en N25 (figura 1a). En cambio, la G de *Pc* se inhibió más que la de *Cg* en los cariopses incubados en A50 y A100. La solución A150 inhibió fuertemente la germinación de ambas especies (figura 1a). Los cariopses incubados en soluciones con pH = 6 mostraron valores similares de G con concentraciones salinas hasta 100 mM. En cambio, los cariopses de *Cg* y *Pc* incubados en N150 germinaron 25% y 20% menos, respectivamente, que los incubados en N25 (figura 1a).

La interacción entre los tres factores evaluados fue significativa para la VG ($p = 0,006$) (figura 2b). Los cariopses de *C. gayana* mostraron mejor respuesta a la alcalinidad que los de *P. coloratum* con concentraciones bajas y moderadas de sal. Los cariopses de *P. coloratum* incubados en N25, N50 y N100 mostraron mayor VG que los de *C. gayana*. El incremento del pH en estas concentraciones salinas (A25, A50 y A100) indujo la disminución de la VG de *P. coloratum*, pero no la de *C. gayana*, con respecto a la VG en N25, N50 y N100, respectivamente (figura 1b). Por el contrario, en presencia de 50 mM de sal, el aumento del pH incrementó la VG de *Cg* un 31%. El incremento del pH en presencia de 150 mM de sal indujo una fuerte disminución de la VG de ambas especies (figura 1b). En las soluciones neutras (pH = 6) la VG también disminuyó con incrementos en la concentración salina, con respecto al control respectivo, a partir de N50 (figuras 1b y 2).

DISCUSIÓN

Por un lado, a partir de muestras de la dispersión natural de panojas de plantas de *C. gayana* y *P. coloratum* cultivadas en un suelo alcalino/sódico se observó que el 54% y 52% del peso total está formado por cariopses desarrollados (cubiertos por las glumas + desnudos), los cuales muestran un poder germinativo de 96% y 89%, respectivamente. Estos porcentajes de germinación son similares a los observados en muestras comerciales de *Cg* (Avaca

Especie	Fracción (% sobre el peso total)				Poder germinativo (%)
	Unidades de dispersión con cariopses desarrollados	Cariopses desnudos desarrollados	Unidades de dispersión con cariopses vacíos	Material inerte	
<i>C. gayana</i>	53,0 ± 2,6	1,4 ± 0,6	32,9 ± 2,4	12,5 ± 2,2	96,5 ± 2,4
<i>P. coloratum</i>	41,3 ± 4,6	10,3 ± 1,95	22,7 ± 2,4	25,7 ± 2,1	89,2 ± 3,6

Tabla 2. Pureza física y Poder Germinativo (%) de cariopses de *C. gayana* cv. Finecut y *P. coloratum* cv. Klein Verde recolectados a partir de la dispersión natural de plantas cultivadas en un suelo alcalino-sódico. Valores: media ± EEM.

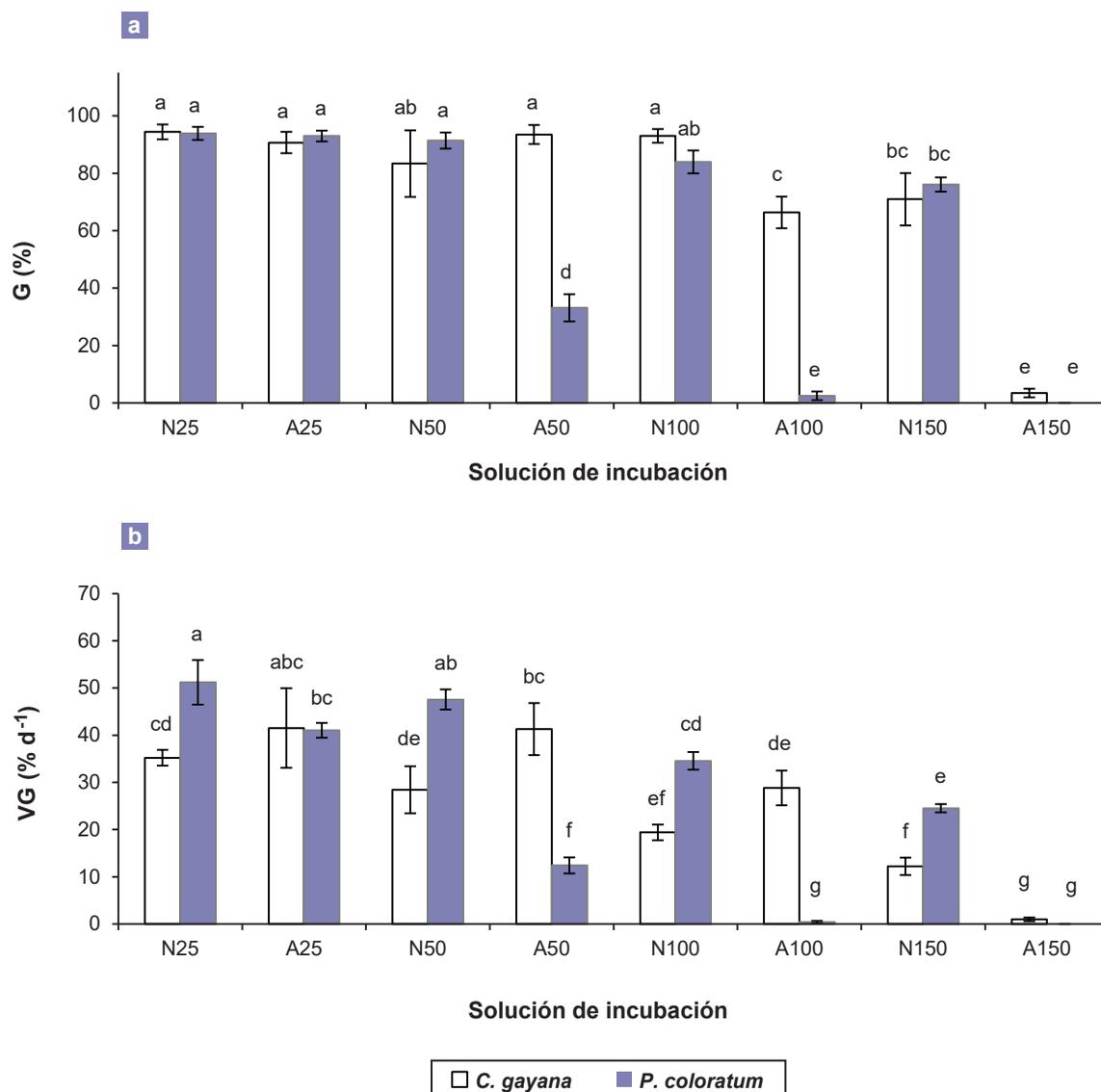


Figura 1. Germinación final (a) y velocidad de germinación (b) de cariopses de *C. gayana* cv. Finecut y *P. coloratum* cv. Klein Verde recolectados de plantas cultivadas en un suelo alcalino-sódico e incubados 26 días en soluciones con diferentes concentraciones de sales Na^+ (25, 50, 100 y 150 mM) neutras (pH = 6: N25, N50, N100 y N150) y alcalinas (pH = 10: A25, A50, A100 y A150). Letras diferentes indican diferencia significativa según la prueba de Diferencia Mínima Significativa de Fisher, $p \leq 0,05$.

et al., 2015) y *Pc* (Lauric *et al.*, 2014). Por otro lado, semilla comercial de *Cg* cv. Finecut muestra un porcentaje de viabilidad de aproximadamente 50% (sobre el total de la muestra) (Avaca *et al.*, 2015) y muestras de semillas de *Pc* comerciales de diverso origen muestran una variabilidad alta, entre 31% y 98%, en la pureza (porcentaje de semilla verdadera sobre el total de la muestra) (Lauric *et al.*, 2014).

En condiciones de alta alcalinidad y baja salinidad, por ej. pH = 10 y $\text{CE}_s = 3,3 \text{ dS m}^{-1}$, los cariopses de *Cg* y *Pc* muestran porcentajes de germinación similares a los cariopses incubados en agua. Estos niveles de conductividad eléctrica y pH son apenas superiores a los observados en suelos donde se cultivaron las plantas madre (pH = 9,8 y $\text{CE}_s = 0,7 \text{ dS m}^{-1}$).

Aun en las soluciones alcalinas con un nivel moderado de salinidad ($\text{CE}_s = 6 \text{ dS m}^{-1}$) la germinación de *Cg* no se modificó y el 31% de los cariopses de *Pc* fueron capaces de germinar. En el suelo donde se cultivan estas plantas, estos valores de conductividad de la solución edáfica (CE_e) son esperables cuando baja el contenido de agua del suelo y se concentran las sales (Hussain *et al.*, 2002). Por lo tanto, la producción de semillas viables y los niveles de conductividad eléctrica y pH del suelo indican que podría producirse la resiembra natural de ambas especies. Sin embargo, en el suelo existen otros factores que pueden afectar la viabilidad de las semillas dispersadas que quedan en la superficie durante el invierno y consecuentemente su posterior

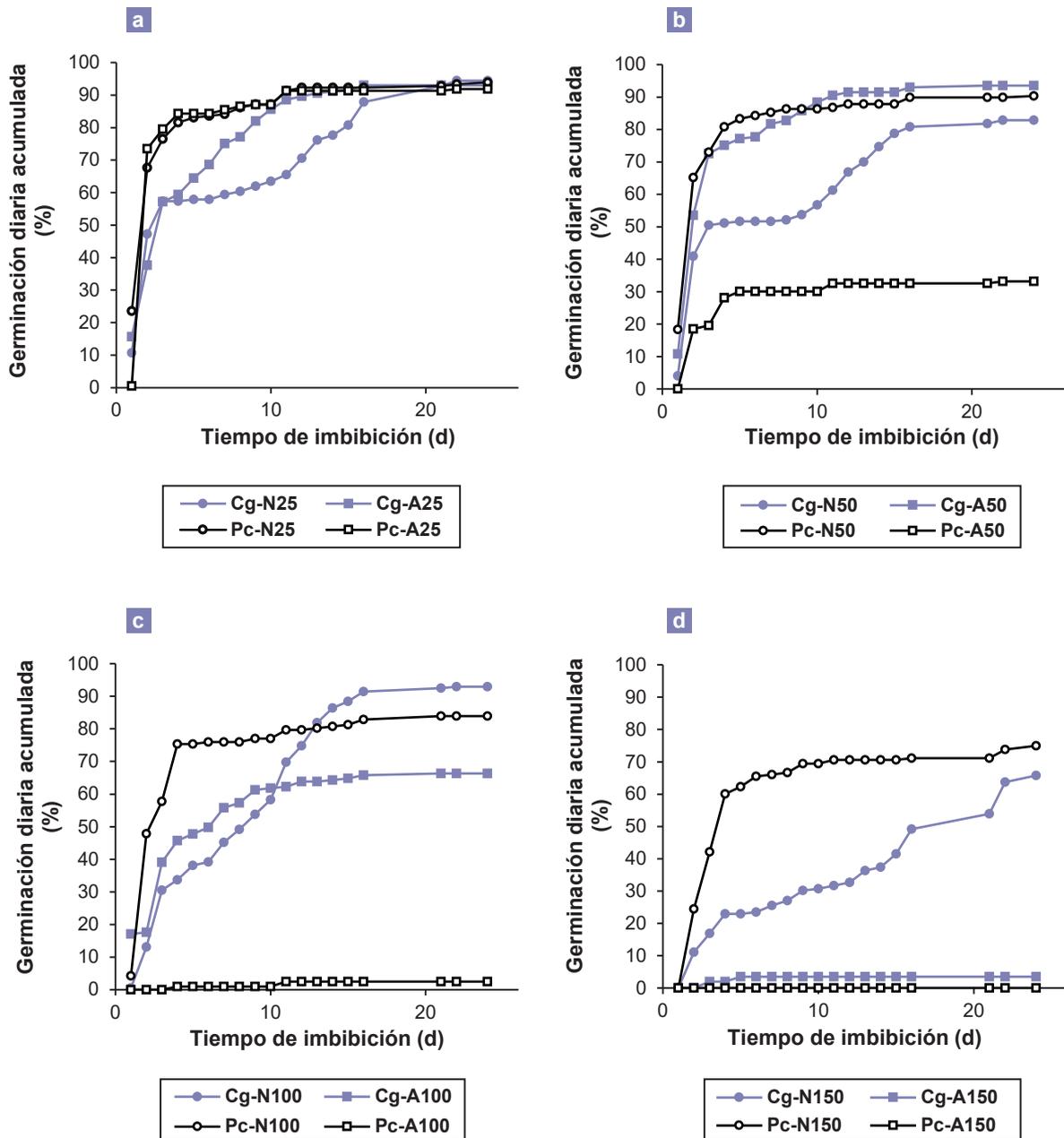


Figura 2. Evolución de la germinación de cariopses de *C. gayana* cv Finecut (*Cg*) y *P. coloratum* CV Klein Verde (*Pc*) incubados en diferentes concentraciones de sales de Na⁺ (mM): 25 (a), 50 (b), 100 (c) y 150 (d). Sales neutras (pH=6): N25 y N50, N100, N150. Sales alcalinas (pH = 10): A25 y A50, A100, A150. Los cariopses se recolectaron de plantas cultivadas en un suelo alcalino-sódico.

germinación, por ejemplo, variaciones en la disponibilidad de agua, en la temperatura, aumento de la compactación (Martín *et al.*, 2012), etc. En el suelo, donde fueron cosechadas las semillas de ambas especies la siembra a 0,5 cm de profundidad incrementó la densidad de plantas de *Cg* y *Pc* 5 y 6 veces, respectivamente, comparada con la siembra superficial (Otondo *et al.*, 2014). Además, la cobertura de la especie dominante (Pesqueira *et al.*, 2015), sumada a la presencia de otras especies y de material vegetal muerto sobre la superficie del suelo, pudieron haber generado un

ambiente con una intensidad de luz demasiado baja para permitir el establecimiento de la plántula.

La G de los cariopses obtenidos de plantas cultivadas en un suelo alcalino/sódico es similar a la G de los cariopses de semillas comerciales. Las respuestas de la G a la salinidad son similares para ambas especies, pero *C. gayana* es más tolerante a la alcalinidad (figuras 1 y 2) (García *et al.*, 2015).

En varias especies para césped también se observó que la germinación no se inhibe en presencia de alcalinidad

combinada con niveles bajos de salinidad (Zhang y Rue, 2014). Sin embargo, con concentraciones crecientes de sales de Na⁺, el efecto perjudicial sobre la G y la VG es más marcado en presencia de sales alcalinas que de sales neutras. Especies con diferentes niveles de tolerancia a la salinidad/alcalinidad mostraron la misma respuesta, por ejemplo *Medicago sativa* (Li *et al.*, 2010), *Triticum aestivum* (Guo *et al.*, 2010), *Sorghum bicolor* (Zhao *et al.*, 2014), *Medicago ruthenica* (Guan *et al.*, 2009), *Panicum virgatum* (Lui *et al.*, 2014), *Chloris gayana* y *Panicum coloratum* (García *et al.*, 2015), entre otras.

En presencia de niveles similares de salinidad y alcalinidad elevada, *C. gayana* mostró mayor G y VG que *Chloris virgata* (Lin *et al.* 2015), una especie anual natural de suelos alcalinos del noreste de China, muy tolerante a la salinidad y alcalinidad. Sin embargo, *Pc* es más sensible que *Cg* a la alcalinidad pero no a la salinidad elevada.

CONCLUSIONES

A partir del análisis del material proveniente de la dispersión natural de panojas de plantas de *Cg* y *Pc* cultivadas en un suelo alcalino/sódico se realizaron las siguientes observaciones:

- La fracción que contiene cariopses desarrollados (unidades de dispersión + cariopses desnudos) representa el 51,6% y 54,4% del peso total de las muestras de *Pc* y *Cg*, respectivamente.
- Cariopses desarrollados de *Pc* (luego del tratamiento con ácido sulfúrico) y de *Cg* incubados en agua presentan valores similares de G y VG (figura 1).
- Una alcalinidad elevada (pH = 10) no inhibe la germinación de *Cg* en presencia de valores bajos a moderados de salinidad (hasta 50 mM).
- Una alcalinidad elevada (pH = 10) no inhibe la germinación de *Pc* en presencia de valores bajos de salinidad (hasta 25 mM).
- En las soluciones neutras (p = 6), los porcentajes de G de *Cg* y *Pc* son similares en presencia de 25, 50 y 100 mM y disminuyen levemente en presencia de 150 mM de sales de Na⁺ (figura 1a).

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado por la Universidad Nacional de Lomas de Zamora (Subsidio Lomascyt II, periodo 2015-2107) y la Secretaría de Políticas Universitarias del Ministerio de Educación (Subsidio para Proyectos Vinculación y Transferencia Tecnológica "Capacidades Universitarias para el Desarrollo Productivo" Amílcar Oscar Herrera, periodo 2014-2016).

BIBLIOGRAFÍA

AVACA, F.M.; GARCÍA, M.D.; PESQUEIRA, J. 2015. Efectos de la salinidad y la alcalinidad sobre la germinación y el crecimiento

vegetativo temprano de *Chloris gayana* Kunth. Universidad Católica Argentina. (Disponible: <http://bibliotecadigital.uca.edu.ar/repositorio/tesis/efectos-salinidad-alcalinidad-germinacion.pdf> verificado: 10 de septiembre de 2015).

AVILA, R.E.; MARCO, O.D.; AGNUSDEI, M. 2012. Calidad nutritiva de láminas de *Chloris gayana* en estado vegetativo. Efecto de la reducción del tamaño foliar y envejecimiento. Arch. Latinoam. Prod. Anim. 20(1-2), 17–27.

DI RIENZO, J.A.; CASANOVES, F.; BALZARINI, M.G.; GONZALEZ, L.; TABLADA, M. ROBLEDO, C.W. 2013. InfoStat versión 2013. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

FENNER, M. 1991. The effects of the parent environment on seed germinability. Seed Sci. Res. 1, 75–84.

GARCÍA, M.D.; LA GRECA, C.L.; BERMÚDEZ, P.S.; MANUELA, G.A.; PESQUEIRA, J. 2015. Salinity and alkalinity effects on germination and time to 50% germination (T₅₀) of *Chloris gayana*, *Panicum coloratum* and *Panicum virgatum*. 5th International Symposium of Forage Breeding. (Disponible: <http://www.agro.uba.ar/ISFB2015> verificado: 20 de octubre de 2015).

GHANNOUM, O. 2009. C₄ photosynthesis and water stress. Ann. Bot. 103, 635–44.

GUAN, B.; ZHOU, D.; ZHANG, H.; TIAN, Y.; JAPHET, W.; WANG, P. 2009. Germination responses of *Medicago ruthenica* seeds to salinity, alkalinity, and temperature. J. Arid Environ. 73(1), 135–138.

GUO, R.; SHI, L.; DING, X.; HU, Y.; TIAN, S.; YAN, D.; SHAO, S.; GAO, Y.; LIU, R.; YANG, Y. 2010. Effects of saline and alkaline stress on germination, seedling growth, and ion balance in wheat. Agron. J. 102(4), 1252–1260.

GUO, R.; ZHOU, J.; HAO, W.; GONG, D.; ZHONG, X.; GU, F.; LIU, Q.; XIA, X.; TIAN, J.; LI, H. 2011. germination, growth, photosynthesis and ionic balance in *Setaria viridis* seedlings subjected to saline and alkaline stress. Can. J. Plant Sci. 91(6), 1077–1088.

HUSSAIN, N.; MUJEEB, F.; SARWAR, G.; HASSAN, G.; ULLAH, M. 2002. Soil salinity/sodicity and groundwater quality changes in relation to rainfall and reclamation activities. Proceedings of the International Workshop on Conjunctive Water Management for Sustainable Irrigated Agriculture in South Asia. Islamabad, 91–99 pp.

IMAZ, J.A.; GIMÉNEZ, D.O.; GRIMOLDI, A.A.; STRIKER, G.G. 2015. Ability to recover overrides the negative effects of flooding on growth of tropical grasses *Chloris gayana* and *Panicum coloratum*. Crop Pasture Sci. 66(1), 100–106.

JONES, R.M. 1969. Mortality of some tropical grasses and legumes following frosting in the first winter after sowing. Trop. grasslands 3, 57–63.

KOYRO, H.W.; EISA, S.S. 2008. Effect of salinity on composition, viability and germination of seeds of *Chenopodium quinoa* Willd. Plant Soil 302(1-2), 79–90.

LAURIC, A.; TORRES, C.C.; DE LEO, G.; MARINISSEN, A.; CERDÁ, C. 2014. Relevamiento de calidad de semilla de mijo perenne (*Panicum coloratum*) en la zona de Bahía Blanca para el ajuste de las densidades de siembra en los sistemas regionales. INTA, Cent. Reg. Buenos Aires Sur 1–16.

LI, R.; SHI, F.; FUKUDA, K.; YANG, Y. 2010. Effects of salt and alkali stresses on germination, growth, photosynthesis and ion accumulation in alfalfa (*Medicago sativa* L.). Soil Sci. Plant Nutr. 56(5), 725–733.

LIN, J.; SHAO, S.; WANG, Y.; QI, M.; LIN, L.; WANG, Y.; YAN, X. 2016. Germination responses of the halophyte *Chloris virgata* to temperature and reduced water potential caused by salinity, alkalinity and drought stress. Grass Forage Sci. 71(3), 507–514.

LIU, J.; GUO, W.Q.; SHI, D.C. 2010. Seed germination, seedling survival, and physiological response of sunflowers under saline and alkaline conditions. Photosynthetica 48(1), 278–286.

- LIU, Y.; WANG, Q.; ZHANG, Y.; CUI, J.; CHEN, G.; XIE, B.; WU, C.; LIU, H. 2014. Synergistic and antagonistic effects of salinity and pH on germination in switchgrass (*Panicum virgatum* L.). *PLoS One* 9(1), 1–11.
- MA, H.; YANG, H.; LÜ, X.; PAN, Y.; WU, H.; LIANG, Z.; OOI, M.K.J. 2015. Does high pH give a reliable assessment of the effect of alkaline soil on seed germination- A case study with *Leymus chinensis* (Poaceae). *Plant Soil* 394(1-2), 35–43. (Disponible: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s11104-015-2487-4.pdf> verificado: 19 de julio de 2016).
- MARTÍN, B.; SOSA, O.; MAGRA, G.; ZERPA, G.; BESSON, P. 2012. Emergencia de forrajeras en un suelo salino-alkalino tratado con yeso. *Rev. Argentina Prod. Anim.* 32(2), 157–164.
- MIACZYNSKI, C.R.O. 1995. Los suelos hidromórficos e hidrohalmórficos de la provincia de Buenos Aires. *Rev. Fac. Agron.* 15(1), 23–36.
- OTONDO, J.; PESQUEIRA, J.; MARKÁN, E.D.; GARCÍA, M.D. 2014. Implantación de *Panicum coloratum* y *Chloris gayana* en suelos bajos salinos-alkalinos. Resúmenes de la Tercera Reunión de La Red Argentina de Salinidad. 65 p.
- PESQUEIRA, J.; OTONDO, J.; GARCÍA, M.D. 2015. Biomass production and forage quality of *Chloris gayana* and *Panicum coloratum* in alkaline (pH \geq 9.5) low lands of the Salado river basin. 5th International Symposium of Forage Breeding. (Disponible: <http://www.agro.uba.ar/ISFB2015> verificado: 29 de octubre de 2015).
- PESQUEIRA, J.; HUARTE, H.R.; GARCÍA, M.D. 2016. Producción de biomasa y respuesta a la fertilización de especies forrajeras subtropicales cultivadas en La Pampa deprimida bonaerense. *Rev. Investig. Agropecu.* 42(1), 79–86.
- PETRUZZI, H.; STRITZLER, N. 2003. Mijo perenne - *Panicum coloratum*. EEA Anguil INTA. 1–28.
- PONSENS, J.; HANSON, J.; SCHELLBERG, J.; MOESLER, B.M. 2010. Characterization of phenotypic diversity, yield and response to drought stress in a collection of Rhodes grass (*Chloris gayana* Kunth) accessions. *F. Crop. Res.* 118(1), 57–72.
- SINGH, R.K.; MISHRA, B.; CHAUHAN, M.S.; YEO, A.R.; FLOWERS, S.A.; FLOWERS, T.J. 2002. Solution culture for screening rice varieties for sodicity tolerance. *J. Agric. Sci.* 139, 327–333.
- SINGH, U.; PRASAD, S.; KUMAR, A.; YADAV, R.K.; SINGH, R.P.; YADAV, G. 2014. Alkalinity induced changes in some of the enzymes of nitrogen metabolism during germination and early seedling growth of rice genotypes. *African J. Agric. Res.* 9(19), 1480–1483.
- TIMSON, J. 1965. New method of recording germination data. *Nature* 207(4993), 216–217.
- VOIGT, P.W.; TISCHLER, C.R. 1997. Effect of seed treatment on germination and emergence of 3 warm-season grasses. *J. Range Manag.* 50(2), 170–174.
- WICKE, B.; SMEETS, E.; DORNBERG, V.; VASHEV, B.; GAISSER, T.; TURKENBURG, W.; FAAIJ, A. 2011. The global technical and economic potential of bioenergy from salt-affected soils. *Energy Environ. Sci.* 4(8), 2669–2681.
- YOUNG, J.A.; EVANS, R.A. 1981. Germination of Great Basin wildrye seeds collected from native stands. *Agron. J.* 73(6), 917–920.
- ZHANG, Q.; RUE, K. 2014. Alkalinity showed limited effect on turfgrass germination under low to moderate salinity. *HortScience* 49(9), 1201–1204.
- ZHAO, Y.; LU, Z.; HE, L. 2014. Effects of saline-alkaline stress on seed germination and seedling growth of *Sorghum bicolor* (L.) Moench. *Appl. Biochem. Biotechnol.* 173(7), 1680–1691.