

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE RIO CUARTO**  
**FACULTAD DE AGRONOMIA Y VETERINARIA**

**Proyecto de Trabajo Final para optar al Grado de Ingeniero Agrónomo**

**“EFECTO DE LA SALINIDAD EN LA GERMINACION DE CUATRO  
ESPECIES FORRAJERAS”**

*Alumno: Miñan, Juan Pablo*

*DNI: 33.258.634*

*Director: Dr. Ing. Agr. José Manuel Cisneros*

*Co-Director: Msc. Ing. Agr. Letizia Petryna*

**Río Cuarto – Córdoba**

**Octubre, 2013**

**FACULTAD DE AGRONOMIA Y VETERINARIA**

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN**

**Título del Trabajo Final de Grado: “Efecto de la salinidad en la germinación de cuatro especies forrajeras”**

**Autor: Miñan, Juan Pablo**

**D.N.I.: 33.258.634**

**Director: Dr. Ing. Agr. José Manuel Cisneros**

**Co-Director: Msc. Ing. Agr. Letizia Petryna**

**Aprobado y Corregido de acuerdo con las sugerencias del Jurado Evaluador:**

**(Nombres)**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Fecha de Presentación:** \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

**Aprobado por Secretaría Académica:** \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Secretario Académico**

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo de tesis a las siguientes personas:

A mi tío, Pedro Landa, quién me ha brindado un apoyo invaluable a lo largo de estos cinco años y medio, compartiendo conmigo experiencias, consejos y momentos como si de un hijo se tratase y quién me animó a incursionar en esta hermosa carrera. A mis padres y hermano, quienes siempre me alentaron a superarme y buscar mi propio camino, apoyándome en todas las decisiones que tomé. A mis amigos, Juliana Ponzi, Ezequiel Rossi y Gonzalo Filipuzzi, quienes siempre estuvieron presentes ofreciéndome su amistad incondicional sin importar fecha ni horarios.

## **AGRADECIMIENTOS**

Debo agradecer de manera especial y sincera al Profesor José Manuel Cisneros por guiarme a lo largo de la realización de este trabajo, especialmente su dedicación, experiencia e interés en el desarrollo del mismo, siendo de mucho valor sus consejos simples y prácticos siempre enmarcados por su particular sentido del humor.

Vaya mi más sincero agradecimiento también para la Profesora Letizia Petryna quién siempre me facilitó su tiempo, ideas y sugerencias, destacando su cordialidad y simpatía únicas.

A las Profesoras Elena Fernández y Belén Rosso por facilitarme el uso del laboratorio de semillas y guiarme en los procedimientos de medición y al Ing. Agr. Nicolás Bertram del INTA Marcos Juárez por compartir material y experiencia en la realización de este trabajo.

*“Ha sido grande la helada...! dijo Yaco. Y andaba caminando por un salitral”*

# INDICE

## INDICE GENERAL

	RESUMEN.....	10
	SUMMARY.....	10
I.	INTRODUCCIÓN.....	11
II.	ANTECEDENTES.....	12
	2.1 Salinización de los Suelos.....	12
	2.2 Germinación en condiciones salinas.....	13
	2.3 Especies utilizadas en suelos salinos.....	15
	2.3.1 <i>Lotus tenuis</i> Waldts et Kit (ex <i>Lotus glaber</i> Mill).....	15
	2.3.2 <i>Agropyron elongatum</i> Host Nevishi.....	16
	2.3.3 <i>Chloris gayana</i> Kunth.....	16
	2.3.4 <i>Melilotus albus</i> Medik.....	16
	2.4 Resultados de estudios precedentes.....	17
III.	HIPOTESIS Y OBJETIVOS.....	18
	3.1 Hipótesis.....	18
	3.2 Objetivos.....	18
	3.2.1 Objetivos generales.....	18
	3.2.2 Objetivos específicos.....	18
IV.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	19
V.	RESULTADOS.....	21
	5.1 GERMINACIÓN E INDICE DE VELOCIDAD.....	21
	5.1.1 <i>Lotus tenuis</i> .....	22
	5.1.2 <i>Melilotus albus</i> .....	24
	5.1.3 <i>Agropyron elongatum</i> .....	26
	5.1.4 <i>Chloris gayana</i> .....	28
	5.2 INTERACCIÓN ESPECIES Y SALINIDAD.....	32
	5.2.1 Índice de germinación.....	32
	5.2.1.1 Especie.....	33
	5.2.1.2 Salinidad.....	34
	5.2.1.3 Interacción salinidad-especie.....	34
	5.2.2 Índice de velocidad relativo.....	36
	5.2.2.1 Especie.....	36
	5.2.2.2 Salinidad.....	37
	5.2.2.3 Interacción salinidad-especie.....	38
VI.	DISCUSIÓN.....	40
VII.	CONCLUSIÓN.....	45
VIII.	FINANCIACIÓN.....	45
IX.	BIBLIOGRAFÍA.....	45
X.	ANEXO.....	55

## INDICE DE TABLAS

N°	Titulo	Pag.
1	Efecto de la salinidad en el porcentaje de germinación total y numero medio de semillas germinadas para <i>Lotus tenuis</i> , medido a los 14 días después de la siembra	22
2	Efecto de la salinidad en el índice de velocidad para <i>Lotus tenuis</i>	22
3	Efecto de la salinidad en el porcentaje de germinación total y número medio de semillas germinadas para <i>Melilotus albus</i> , medido a los 14 días.	25
4	Efecto de la salinidad en el índice de velocidad para <i>Melilotus albus</i>	25
5	Efecto de la salinidad en el porcentaje de germinación total y número medio de semillas germinadas para <i>Agropyron elongatum</i> , medido a los 14 días.	28
6	Efecto de la salinidad en el índice de velocidad para <i>Agropyron elongatum</i>	28
7	Efecto de la salinidad en el porcentaje de germinación total y número medio de semillas germinadas para <i>Chloris gayana</i> , medido a los 14 días.	30
8	Efecto de la salinidad en el índice de velocidad para <i>Chloris gayana</i>	30
9	Índice de germinación medio para <i>Lotus tenuis</i> , <i>Melilotus albus</i> , <i>Agropyron elongatum</i> y <i>Chloris gayana</i> .	33
10	Índice de germinación medio a 2, 4, 6, 10 y 20 dS/m	34
11	Efecto de la salinidad en el índice de germinación medio para las cuatro especies en los distintos tratamientos.	35
12	Índice de velocidad relativo medio de <i>Lotus tenuis</i> , <i>Melilotus albus</i> , <i>Agropyron elongatum</i> y <i>Chloris gayana</i> ,	36
13	Índice de velocidad relativo medio a 2, 4, 6, 10 y 20 dS/m	37
14	Efecto de la salinidad en el índice de velocidad relativo medio para las cuatro especies en los distintos tratamientos.	39
15	Análisis de la varianza y test de medias LSD Fisher para la germinación final de <i>Lotus tenuis</i>	55
16	Análisis de la varianza y test de medias LSD Fisher para la germinación final de <i>Melilotus albus</i>	55
17	Análisis de la varianza y test de medias LSD Fisher para la germinación final de <i>Chloris gayana</i>	56
18	Análisis de la varianza y test de medias LSD Fisher para la germinación final de <i>Agropyron elongatum</i>	56
19	Análisis de la varianza de arreglo factorial y test de medias DGC para el índice de germinación final de <i>Agropyron elongatum</i> , <i>Chloris gayana</i> , <i>Melilotus albus</i> y <i>Lotus tenuis</i>	57
20	Análisis de la varianza de arreglo factorial y test de medias DGC para el índice de velocidad	58

## INDICE DE FIGURAS

Nº	Título	Pag.
1	Número total de semillas de <i>Lotus tenuis</i> germinadas en los diferentes tratamientos	22
2	Disminución del número total de semillas de <i>Lotus tenuis</i> germinadas en los diferentes tratamientos	22
3	Índice de velocidad para <i>Lotus tenuis</i> en los distintos tratamientos	23
4	Disminución del índice de velocidad para <i>Lotus tenuis</i> en los distintos tratamientos	23
5	Distribución de la germinación de semillas de los distintos tratamientos para <i>Lotus tenuis</i> en los conteos desde la siembra	23
6	Germinación acumulada de semillas de los distintos tratamientos para <i>Lotus tenuis</i> en los conteos desde la siembra	24
7	Número total de semillas de <i>Melilotus albus</i> germinadas en los diferentes tratamientos	24
8	Disminución del número total de semillas de <i>Melilotus albus</i> germinadas en los diferentes tratamientos	24
9	Índice de velocidad para <i>Melilotus albus</i> en los distintos tratamientos	25
10	Disminución del índice de velocidad para <i>Melilotus albus</i> en los distintos tratamientos	25
11	Distribución de la germinación de semillas de los distintos tratamientos para <i>Melilotus albus</i> en los conteos desde la siembra	25
12	Germinación acumulada de semillas de los distintos tratamientos para <i>Lotus tenuis</i> en los conteos desde la siembra	26
13	Número total de semillas de <i>Agropyron elongatum</i> germinadas en los diferentes tratamientos	27
14	Disminución del número total de semillas de <i>Agropyron elongatum</i> germinadas en los diferentes tratamientos	27
15	Índice de velocidad para <i>Agropyron elongatum</i> en los distintos tratamientos	27
16	Disminución del índice de velocidad para <i>Agropyron elongatum</i> en los distintos tratamientos	27
17	Distribución de la germinación de semillas de los distintos tratamientos para <i>Agropyron elongatum</i> en los conteos desde la siembra	28
18	Germinación acumulada de semillas de los distintos tratamientos para <i>Agropyron elongatum</i> en los conteos desde la siembra	28
19	Número total de semillas de <i>Chloris gayana</i> germinadas en los diferentes tratamientos	29
20	Disminución del número total de semillas de <i>Chloris gayana</i> germinadas en los diferentes tratamientos	29

21	Índice de velocidad para <i>Chloris gayana</i> en los distintos tratamientos	29
22	Disminución del índice de velocidad para <i>Chloris gayana</i> en los distintos tratamientos	29
23	Distribución de la germinación de semillas de los distintos tratamientos para <i>Chloris gayana</i> en los conteos desde la siembra	30
24	Germinación acumulada de semillas de los distintos tratamientos para <i>Chloris gayana</i> en los conteos desde la siembra	30
25	Índice de germinación medio para <i>Lotus tenuis</i> , <i>Melilotus albus</i> , <i>Agropyron elongatum</i> y <i>Chloris gayana</i> .	33
26	Índice de germinación medio a 2, 4, 6, 10 y 20 dS/m.	34
27	Índice de germinación para <i>Lotus tenuis</i> , <i>Melilotus albus</i> , <i>Chloris gayana</i> y <i>Agropyron elongatum</i> en las distintas salinidades respecto de la media de sus testigos a 0 dS/m.	38
28	Índice de velocidad relativo medio de <i>Lotus tenuis</i> , <i>Melilotus albus</i> , <i>Agropyron elongatum</i> y <i>Chloris gayana</i> .	38
29	Índice de velocidad relativo medio para 2, 4, 6, 10 y 20 dS/m.	38
30	Índice de velocidad relativo medio para <i>Lotus tenuis</i> , <i>Melilotus albus</i> , <i>Chloris gayana</i> y <i>Agropyron elongatum</i> en las distintas salinidades respecto de la media de sus testigos a 0 dS/m.	
31	Modelo de producción relativa en función de la conductividad eléctrica (adaptado de Maas y Hoffman, 1977)	
32	Modelo de germinación relativa teórica según Maas y Hoffman (1977) de <i>Chloris gayana</i> , <i>Agropyron elongatum</i> , <i>Lotus tenuis</i> y <i>Melilotus albus</i> .	

## RESUMEN

En los suelos salinos de Argentina diversas especies se describen como potencialmente utilizables para incrementar la producción en este tipo de ambientes, pudiendo ser utilizadas por el hombre para incrementar la producción agropecuaria. *Agropyron elongatum*, *Chloris gayana*, *Melilotus albus* y *Lotus tenuis* son especies de interés forrajero que se conocen como adaptadas a las condiciones salinas. El comportamiento de estas especies en relación al estrés salino es importante para elegir la más adecuada para realizar la implantación de una pradera en un ambiente que presenta este tipo de restricción, de esta manera incrementar la producción de biomasa en cantidad y calidad. Se evaluó en el presente experimento la capacidad y velocidad de germinación de estas cuatro especies utilizando soluciones salinas de NaCl de 0, 2, 4, 6, 10 y 20 dS/m. Hubo disminución de la germinación y la velocidad con el incremento de la salinidad en las cuatro especies ( $p < 0,0001$ ) y hubo comportamiento diferencial entre especies en las distintas salinidades ( $p < 0,0001$ ). *Agropyron elongatum* seguido por *Chloris gayana* mostraron mejor comportamiento que *Melilotus albus* y *Lotus tenuis*, siendo estas últimas las más sensibles a la salinidad.

## SUMMARY

In the saline lands of Argentina many species are described as potentially useful to increase production on these environments, they may be used for men to increase agricultural production. *Agropyron elongatum*, *Chloris gayana*, *Melilotus albus* and *Lotus tenuis* are forage interest species known as adapted to saline conditions. The performance of these species in order to saline stress it's important to choose the most adequate to implant a prairie in an environment that presents this kind of restriction, in order to increase quantity and quality of biomass production. It was evaluated in the present experiment the germination capacity and velocity of these four species using NaCl saline solutions at 0, 2, 4, 6, 10 and 20 dS/m. There was decreasing germination and velocity with increasing salinity in the four species ( $p < 0,0001$ ) and there was differential performance between species in different salinities ( $p < 0,0001$ ). *Agropyron elongatum* followed by *Chloris gayana* showed better behavior than *Melilotus albus* and *Lotus tenuis*, being these both the most sensitive to salinity.

## I. INTRODUCCIÓN.

Los suelos afectados por salinidad cubren aproximadamente un 10% de la superficie terrestre y se encuentran ampliamente distribuidos en Argentina (Peinneman, 2003).

Argentina es el tercer país con mayor superficie afectada con problemas de sales y sodio del mundo, luego de Rusia y Australia. En la Pampa Deprimida, el oeste bonaerense, noreste pampeano, sureste de Córdoba, este santafesino o los bajos submeridionales, se encuentran extensas áreas afectadas por sales y otros impedimentos (Lavado y Taboada, 2009).

Solamente el centro-sur de la provincia de Córdoba cuenta con aproximadamente 1.700.000 ha de suelos halo-hidromórficos, los cuales representan más de un 25% del total de su superficie. Los departamentos General Roca, Roque Saenz Peña y Juárez Celman suman 1.223.000 hectáreas (Weir, 2000). Mientras que en la provincia de Buenos Aires, los suelos salinos representan el 24% del total de su superficie (Bazzigalupi *et al*, 2008).

Los suelos afectados por problemas de salinidad/alcalinidad y deficiente drenaje, en general, en la región pampeana, se encuentran en los sectores del paisaje con relieve deprimido reciben aportes de agua subterránea y sales bajo la forma de ascenso capilar de la napa freática (Montico, 2007). Estos aportes dependen de la profundidad de la napa freática, de su salinidad, de las propiedades hidrofísicas del suelo y de la presencia de vegetación, dentro de un balance determinado entre precipitación y evapotranspiración (Cisneros *et al*, 2006; Cisneros *et al*, 1999). El sodio presente produce la dispersión de las arcillas y la materia orgánica, que luego con el agua durante la estación húmeda que infiltra en el suelo son arrastradas en profundidad y se depositan constituyendo un horizonte densificado (Pérez, 2011).

Las limitaciones de estos ambientes han definido que se adecue su uso actual a ganadería extensiva. A pesar de esto la región se ha visto sometida a procesos de pastoreo continuo provocando deterioro de la condición física del suelo y aumento de las áreas salinizadas por eliminación de la cobertura vegetal (Comisión técnica interinstitucional, 1998; Cisneros *et al*, 1999).

Las napas pueden alcanzar diferente grado de interacción con la vegetación, dependiendo de las profundidades a las que se encuentre. De este modo, la napa puede encontrarse totalmente desacoplada de la vegetación, ser una valiosa fuente de agua o bien transformarse en un agente de estrés por anegamiento y/o salinidad (Nosetto *et al*, 2009), a su vez los cambios en la

vegetación (cobertura) también pueden alterar el balance de agua y el flujo de sales en el ecosistema (Scanlon *et al*, 2005).

La vegetación (cobertura) provoca un ciclo de realimentación (feedback positivo) hacia la desalinización de la superficie a través del lavado de sales por medio de las precipitaciones, permitiendo así más semillas germinar y colonizar el suelo desnudo, haciendo que en algunos casos la salinidad disminuya de tal manera que puedan establecerse especies menos tolerantes (Cisneros *et al*, 1999).

Desde el punto de vista forrajero, estos bajos salinos muestran un crecimiento del pastizal marcadamente primavero-estival. En cuanto a la calidad forrajera de estos ambientes es de regular a baja (Rossi *et al*, 2000), los valores de producción son variables según el ambiente, la composición florística y el año (Aragón, 2012) y no superan los 2500 kgMS/ha-año en los Bajos del Salado (Duhalde, 2011). En estos ambientes mayoritariamente destinados a ganadería es necesario que las especies componentes de las pasturas cultivadas posean capacidad de implantación y elevada persistencia para poder ofrecer una competencia efectiva contra malezas, establecerse, perdurar en el tiempo y producir una adecuada oferta de nutrientes para el ganado (Bazzigalupi *et al*, 2008).

Para lograr mejoras en la productividad de los sistemas pastoriles es clave incrementar la información acerca del efecto de los ambientes estresantes sobre la implantación de especies forrajeras (Ruiz y Terenti, 2012).

Mediante el presente experimento se pretende probar la capacidad germinativa de *Lotus tenuis*, *Agropyron elongatum*, *Melilotus albus* y *Chloris gayana* bajo distintos niveles de salinidad en condiciones controladas.

## **II. ANTECEDENTES.**

### ***2.1 Salinización de los Suelos.***

La salinización es un proceso de enriquecimiento del suelo con sales más solubles que el sulfato de calcio, por lo general se trata de cloruros y sulfatos de sodio y de magnesio (Porta *et al*, 1999). Según Bernardo *et al* (2010) el cloruro de sodio (NaCl) es la sal más frecuente en suelos salinos.

Todas las aguas subterráneas poseen –en mayor o menor medida- sales disueltas (Cantero *et al.*, 1998). Los principales cationes encontrados en las capas freáticas de la región son  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Ca}^{++}$  y  $\text{K}^+$ , con un neto predominio del primero sobre el resto. En cuanto a la fracción aniónica dominan  $\text{Cl}^-$  y  $\text{SO}_4^-$  sobre  $\text{CO}_3^-$  y  $\text{CO}_3\text{H}^-$  (Cisneros *et al.*, 2006).

Jobbágy *et al.*, (2008) pudo comprobar que los cultivos provocan la descarga y descenso del nivel freático por el consumo del agua y el mantenimiento de la vegetación genera una mejora en las velocidades de infiltración y promueve el lavado de sales superficiales.

Una de las claves para el manejo de estos suelos consiste en lograr una cubierta vegetal natural, contribuyendo de esta manera a disminuir la acción del viento y el ascenso capilar de sales a través de la disminución de la evaporación directa desde la superficie del suelo, a su vez, la vegetación contribuye a aumentar la infiltración y el lavado de sales de la superficie (Cisneros *et al.*, 1999).

El establecimiento de las pasturas en estos suelos constituye la fase crítica donde la velocidad de germinación puede determinar capacidades diferenciales para competir durante el establecimiento, alcanzar una rápida cobertura y permitir un aprovechamiento anticipado de la pastura (Pérez, 2011).

Es de interés práctico conocer dentro de qué límites de salinidad pueden desarrollarse especies forrajeras (Sauberan *et al.*, 1961; Priano y Orellana, 1965; Lavado y Di Nella, 1972; Lavado, 1977; todos citados por Priano y Pilatti, 1989). La gran heterogeneidad espacial que presentan estos ambientes crea condiciones integrales muy diferentes entre las diversas zonas en cuanto a su aptitud para producir forraje. Esto dificulta la extrapolación de los resultados de trabajos de investigación de un lugar a otro, a la vez que destaca la necesidad de profundizar en la investigación del comportamiento de las pasturas. La información respecto a los resultados obtenidos es a menudo incompleta (Martín *et al.*, 2008).

En estudios realizados por Cisneros *et al.* (1999) en suelos alcalinos sódicos de la provincia de Córdoba, se pudo medir que la salinidad de los mismos según la condición (cubierto o desnudo), ubicación en el relieve y época del año oscilaba entre 5 y 55,4 dS/m.

## **2.2 Germinación en condiciones salinas**

La mayor parte de las plantas son más sensibles a la salinidad durante la germinación y emergencia que durante los estadios de crecimiento y desarrollo posteriores (Ayers, 1950;

Martín *et al*, 2008). Ésta puede ser limitada por bajo potencial osmótico (alto potencial dado por la salinidad de la solución), lo que reduce la capacidad de la semilla de absorber agua y/o por concentraciones tóxicas de iones específicos.

También se ha señalado la no existencia de correlación entre salinidad y el tipo de ión en solución, dado que durante la absorción de agua tienen lugar mayormente procesos físico-químicos, tales como la imbibición que es tolerante a la salinidad (Chávez *et al*, 2002; González Romero, 2009) y, posteriormente, se puede producir la muerte del embrión por toxicidad iónica afectándose el índice de germinación (González *et al*, 1999).

Las semillas de diferentes especies tienen diferentes niveles de hidratación, debajo de los cuales los procesos fisiológicos de germinación son deprimidos o suprimidos (Ochoa, 1994). Tanto la ocurrencia o no de la germinación como la velocidad a la que ésta se produce están determinadas principalmente por los gradientes de potenciales hídricos entre la semilla y el medio (Welbaum y Bradford, 1988).

Según cita Ochoa (1994), existen principalmente tres componentes del estrés salino que afecta a las plantas: a) efecto osmótico, b) efecto nutricional y c) efecto tóxico. El primero -(a)- está dado por una disminución del potencial osmótico del suelo que origina menor disponibilidad de agua para la planta. Mientras que las alteraciones nutricionales -(b)- por estrés salino pueden ser consideradas cuando el vegetal tiene problemas para absorber ciertos iones esenciales (nutrientes) en presencia de elevadas cantidades de sales solubles en el suelo. En tanto que el efecto tóxico -(c)- está dado, principalmente, por ciertos iones como Cl y Na. La toxicidad del Na puede ser directa, como en el caso de especies sensibles al exceso de Na o indirecta, cuando existe un deterioro de la estructura del suelo.

El grado en el cual cada componente afecta la planta sobre otro depende de muchos factores incluyendo especies, genotipo, edad de la planta, concentración de iones y la composición de la solución salinizante y el órgano en cuestión (Läuchli y Grattan, 2007).

Entre las estrategias de las plantas para tolerar la salinidad según cita Pessaraki (2001), se encuentran: la exclusión celular de iones tóxicos como el Na<sup>+</sup> y Cl<sup>-</sup>, almacenamiento en las vacuolas, restricción de la absorción desde la raíz y excreción glandular, entre otras. Así mismo, los daños en la germinación en arroz se atribuyen a desajustes metabólicos y a la inhibición de enzimas responsables de la removilización de reservas para llevar a cabo este proceso (Dubey y Kateijar, 1994; citados por Gonzáles y García, 1997).

La típica aproximación para estudiar la tolerancia a la sal de las plantas es comparar sensibles y tolerantes sujetas a excesos de sal y no sujetas a salinidad, buscando respuestas de las mismas a la sal agregada (Pessaraki, 2001). Una técnica sencilla para la identificación de semilla de buena calidad y al mismo tiempo para el estudio del efecto del estrés por salinidad pudiera ser el empleo de compuestos o productos comerciales para simular bajo condiciones de laboratorio el estrés salino: sulfato de sodio y cloruro de sodio (Martínez, 1999; Wong, 2002; Méndez *et al.*, 2002). Su principio está en la premisa de que una semilla que tenga capacidad para germinar y producir una plántula bajo condiciones de estrés salino es indicativa de un potencial genético para la tolerancia a la sal, al menos en esta etapa del ciclo de vida (Bernstein y Ayers, 1953).

El cloruro de sodio (NaCl) es la sal soluble presente con mayor frecuencia en el perfil del suelo. Debido a esto, se lo utilizó como agente simulador de estrés salino (Verlues *et al.*, 2006 y Munns and Tester, 2008; citados por López Colomba, 2011).

### ***2.3 Especies utilizadas en Suelos Salinos***

En general, las forrajeras perennes tienen un lento crecimiento inicial y pocas reservas en la semilla, lo que hace que el establecimiento de la plántula sea un período crítico bastante largo (Sanderson *et al.*, 1990). Uno de los fenómenos de mayor incidencia en los suelos salinizados lo constituye la disminución de la germinación y la emergencia no uniforme de las plántulas, así la baja densidad de población que en ellos se logra es un aspecto que repercute en el establecimiento de los cultivos bajo estas condiciones (Ramírez *et al.*, 1999).

#### ***2.3.1 Lotus tenuis Waldst et Kit (ex Lotus glaber Mill)***

Conocida como lotus, trébol pata de pájaro o lotus de hoja angosta, fue introducida al país alrededor de 1930, difundándose en pasturas de la pampa deprimida. Crece en ambientes diversos, los suelos ocupados por lotus poseen drenaje pobre, moderado contenido de sodio y baja concentración de sales y fósforo disponible (Miñon *et al.*, 1990).

*L. tenuis* está siendo cada vez más usada para la producción de forraje en áreas templadas o subtempladas en Argentina, Chile, Uruguay y U.S.A. (Escaraya *et al.*, 2010). Además, por sus características resistentes, esta leguminosa crece en áreas consideradas “marginales” con lo cual se podrían sumar a la producción forrajera unas 3 millones de hectáreas en lo que se conoce como “la pampa deprimida de la Cuenca del Salado” (Ruiz, 2012).

### **2.3.2 *Agropyron elongatum* (Host) Nevishi**

*Agropyron elongatum* es una forrajera ampliamente distribuida en la región semiárida de Argentina, con resistencia al estrés hídrico bien conocida. Es una gramínea perenne, de ciclo otoño- invierno- primaveral, de crecimiento alto en forma de matas, rústico, resistente a la sequía, de buen valor nutritivo antes del encañe. Su máxima producción de forraje la da en primavera y otoño (Ruiz y Terenti, 2012).

Investigaciones acerca de su resistencia y su respuesta fisiológica al estrés hídrico son limitadas (García *et al*, 2002). El agropiro alargado se considera tolerante, siendo capaz de germinar y crecer en conductividades eléctricas entre 6.9 y 8.0 dS/m (Maas y Hoffman, 1977). Se ha utilizado como recuperadora de playas salinas y bajos degradados por sales (INTA, 1991). Se recomienda utilizar en potreros con Gramón (*Cynodon dactylon*) y Pelo de Chancho (*Distichlis scoparia*, *D. spicata*), se asocia bien, además, con *Lotus tenuis* (Vernet, 2003).

### **2.3.3 *Chloris gayana* Kunth**

Gramma Rhodes, es una especie C4 conocida por su habilidad para soportar condiciones de sequía, salinidad del suelo y heladas ligeras (Varela, 2011). Es una especie estolonífera, lo cual le confiere persistencia y agresividad, además de poseer un sistema radical robusto. Crece bien asociada con *Melilotus* (Terán, 2012).

Tiene una gran capacidad adaptativa a condiciones de suelos pobres y con ciertos tenores de salinidad, produciendo obviamente mucho mejor en suelos de mayor calidad. Es una de las que mayor tolerancia a salinidad presenta (Martín, 2010). Sus condiciones la hacen un material excelente para la confección de heno y para el pastoreo, permitiendo realizar de 3 a 4 cortes con una frecuencia de 28 a 35 días entre ellos (Terán, 2010). Su ciclo vegetativo se extiende aproximadamente desde Noviembre hasta Abril (Martín, 2010).

### **2.3.4 *Melilotus albus* Medik.**

*Melilotus albus* (trébol de olor blanco, meliloto blanco), es una hierba anual leguminosa, cultivada como forrajera. Es nativa de Europa y de Asia. Puede alcanzar más de 2 m de altura (Zuloaga y Morrone, 1999). *M. alba* puede ser encontrada al lado de caminos, campos abandonados, vías de ferrocarriles, pasturas, comunidades naturales abiertas y praderas (Cole,

1990, citado en NBBI, 2007). Cultivada en Argentina como forrajera mejoradora del suelo y melífera, en suelos salobres y arenosos, también adventicia. Se adapta a condiciones extremas de escasez de humedad y salinidad en el suelo. Está naturalizada en la región, particularmente como maleza de alfalfares (Ochoa, 1994), y se distribuye desde Santa Cruz a Misiones, su gran difusión proviene de ser sembrada con cereales (avena, centeno, cebada) y pasturas tropicales (Berti y Candotti, 2012).

#### ***2.4 Resultados de estudios precedentes***

Martín (1997) observó que no se afecta la viabilidad de la semilla de agropiro por el contenido salino del suelo de suelos de la región pampeana pero si se ve afectada la velocidad de germinación. Similares resultados fueron obtenidos por Bazzigalupi *et al* (2008), Priano y Pilatti (1989), Beatriz *et al* (2008), Ruiz y Terenti (2012), con valores de disminución variables del 5 al 39%.

En investigaciones realizadas con *Melilotus officinalis*, Priano y Pilatti (1989) y Beatriz *et al* (2008) determinaron que hay disminuciones en la germinación cuando el contenido salino aumenta en grado variable.

Taleisnik (1997), Priano y Pilatti (1989) y Zhang *et al* (2011) observaron en *Chloris gayana* que la salinidad retrasó o incluso inhibió la germinación en valores variables (10 al 40%).

Ixtaina y Mujica (2004), Mujica y Rumi (1998), citado en Ixtaina y Mujica, (2004), Zamolinski (2000) y Rosso *et al* (2011) observaron en pruebas hechas en laboratorio y/o a campo con *L. tenuis* inhibición del crecimiento y disminución de la germinación con el aumento de la salinidad, también en valores variables.

Estos autores (i. e. Zamolinski (2000), Priano y Pilatti (1989), Bazzigalupi *et al* (2008)) en sus investigaciones compararon entre sí varias de las especies aquí tratadas y muestran una disminución de la germinación en general, pero estos resultados variaron dentro de especies y entre las mismas, predominando a veces una especie sobre otra y en otros casos no, dependiendo del ambiente al cual se sometían.

En general todas las especies disminuyen el número de semillas germinadas cuando se incrementan los valores de conductividad eléctrica, pero no todas son afectadas por igual. Así, cuando se menciona que determinadas especies se adaptan a suelos salinos, es necesario

especificar la concentración salina que presentan los suelos ya que existen diferencias claras entre las mismas sobre todo en etapas tempranas de crecimiento (Bertram y Chiacchiera, 2011).

### **III. HIPOTESIS Y OBJETIVOS**

#### ***3.1 Hipótesis***

Existen niveles de salinidad de la solución que afectan el porcentaje y la velocidad de germinación de plántulas de *Lotus tenuis*, *Agropyron elongatum*, *Melilotus albus* y *Chloris gayana* en forma variable.

#### ***3.2 Objetivos***

##### ***3.2.1 Objetivos generales:***

- Establecer una relación entre la salinidad de la solución y el porcentaje y velocidad de emergencia de las semillas de *Lotus tenuis*, *Agropyron elongatum*, *Melilotus albus* y *Chloris gayana*

##### ***3.2.2 Objetivos específicos:***

- Evaluar que cantidad de semillas germinan para diferentes niveles de salinidad respecto de un testigo.
- Evaluar el tiempo que tardan las especies evaluadas en emerger para diferentes niveles de salinidad respecto de un testigo.

## IV. MATERIALES Y METODOS

Se utilizaron semillas de *Melilotus albus* variedad anua Coe y de *Chloris gayana* cv. Top Cut provenientes del semillero Oscar Pemán y semillas de *Lotus tenuis* y *Agropyrum elongatum* y se realizó una prueba de germinación en cámara con temperatura controlada.

Las semillas de *Melilotus albus* y *Lotus tenuis* se sometieron a un proceso de escarificación en forma manual para eliminar el peletizado que las recubría, mientras que las semillas de *Chloris gayana* fueron extraídas de las estructuras florales peletizadas, también mediante método manual con la ayuda de agujas histológicas y lupa. Además se sometieron a preenfriado según especifica ISTA (2008).

Para los diferentes tratamientos salinos se utilizó agua destilada y cloruro de sodio al 98%. Se prepararon soluciones de 0 dS/m (testigo), 2, 4, 6, 10 y 20 dS/m (18, 36,11; 54,17; 90,28 y 180,57 mM/lit NaCl) para regar los distintos tratamientos, rango en el cual se encuentra el límite a la tolerancia durante la germinación y el crecimiento de la mayoría de los cultivos (Maas y Hoffman, 1977; Läuchli y Grattan, 2007; Priano y Pilatti, 1989; Zamolinski, 2001).

Para las siembras se utilizaron cajas de petri y en cada una de ellas se sembró un total de 50 semillas. Se hizo un total de 5 repeticiones por tratamiento, haciendo un total de 120 observaciones. Se utilizó como sustrato papel de tipo filtro.

Las cajas fueron sembradas y puestas en cámara de germinación a temperatura constante de 20 °C.

Cada tratamiento fue regado con las soluciones descriptas diariamente, con esto se buscó simular el efecto de una cama de siembra sometida a una evaporación constante que posee una fuente de agua salina como aporte de humedad (Pasternak, 1979; Cisneros *et al*, 1999).

El diseño experimental del ensayo constituyó bloques completamente aleatorizados para analizar el comportamiento de germinación y la velocidad de germinación de cada especie por separado en las distintas salinidades, realizando las observaciones durante y al final de la experiencia, además se constituyó un diseño en bloques de arreglo factorial 6 x 4 con seis tratamientos de salinidad por cuatro especies distintas (salinidad x genotipo), donde se analizó la interacción entre salinidad y especie mediante un índice de germinación según lo plantean Priano y Pilatti (1989) y Bazzigalupi *et al* (2008); este índice se calculó de la siguiente manera:

$$IG = \frac{G_{tn}}{G_{tt}}$$

Donde: G<sub>tn</sub>; germinación del tratamiento n; G<sub>tt</sub>, germinación media del tratamiento testigo.

Se analizó también la velocidad de germinación de cada especie de acuerdo a cada tratamiento, contabilizando el número de semillas emergidas a la fecha (Bazzigalupi *et al*, 2008; Borrajo y Alonso, 2004; Laynez-Garsaball *et al*, 2008). Se calculó esta tasa según un índice de velocidad (IV) que se plantea a continuación (Bazzigalupi *et al* (2008) y Rosso *et al* (2011)):

$$IV = \sum Gi/Di$$

Donde: Gi: diferencia de semillas en el conteo i respecto del conteo anterior; Di: conteo realizado en días después de la siembra. Un índice máximo de 5 es la máxima velocidad de germinación y un valor de 0 es la mínima velocidad. Para el análisis de interacción entre velocidad de germinación y salinidad, se relativizó los valores obtenidos de IV de cada tratamiento respecto de la media obtenida del tratamiento testigo. Ambos índices -IG e IV- se relativizaron a su testigo para despejar los efectos de las posibles diferencias entre genotipos (dormancia, dureza de tegumento, requerimientos de temperatura, entre otros).

Las observaciones se realizaron a los 5, 7, 12 y 14 días desde la siembra. En cada observación se contabilizó el número de semillas germinadas retirándoselas de la caja. Se tomó como criterio de observación de germinación la protrusión de la radícula en dicotiledóneas (i. e. *Lotus tenuis* y *Melilotus albus*) y la protrusión de la radícula y/o el coleoptile en monocotiledóneas (i. e. *Agropyron elongatum* y *Chloris gayana*), además se observó que no presentasen anomalías según específica ISTA (2008) siendo descartadas si así fuera.

Los datos de germinación y velocidad de germinación obtenidos del ensayo en bloques completamente aleatorizados se sometieron a análisis de varianza (ANAVA) y test de medias L.S.D. (Least Significance Difference) Fisher. Los datos de índice de germinación e índice de velocidad relativo obtenidos del ensayo con arreglo factorial se sometieron a análisis de la varianza (ANAVA) y test de medias D.G.C. (Di Rienzo Guzmán Casanoves). Para ambos análisis se utilizó la herramienta estadística Infostat (Di Rienzo *et al*, 2002).

## V. RESULTADOS

### 5.1 GERMINACIÓN Y VELOCIDAD DE GERMINACIÓN.

Según el análisis de los resultados obtenidos el modelo experimental resultó altamente significativo ( $p < 0,0001$ ;  $\alpha: 0,05$ ) para los valores de germinación en los distintos tratamientos de las cuatro especies aquí evaluadas, además las diferentes salinidades a las que fueron sometidas las especies presentaron alto grado de significación estadística ( $p < 0,0001$ ;  $\alpha: 0,05$ ). (Ver Tablas 15, 16, 17, 18 en Anexo).

Los test de medias presentaron un alto grado de correlación con respecto a la salinidad, en todos los casos el ajuste estuvo por encima del 94%, por ende puede decirse que la salinidad fue la mayor causante de las diferencias observadas en la germinación final de las especies evaluadas. Los coeficientes de variación para la germinación estuvieron en un rango de entre 6,63% y 13,31% lo que permitió concluir que el número de repeticiones (5) utilizado en el experimento fue correcto.

Para el análisis de velocidad de germinación el modelo experimental también resultó altamente significativo ( $p < 0,0001$ ;  $\alpha: 0,05$ ) para los valores de índice de velocidad en los distintos tratamientos de las cuatro especies aquí evaluadas, además las diferentes salinidades a las que fueron sometidas las especies presentaron alto grado de significación estadística ( $p < 0,0001$ ;  $\alpha: 0,05$ ).

Los test de medias para índice de velocidad de germinación presentaron un alto grado de correlación con respecto a la salinidad, en todos los casos el ajuste estuvo por encima del 93%, por ende se pudo inferir que la salinidad de los tratamientos fue la que determinó en gran medida -93%- las diferencias en el índice de velocidad observado. De la misma forma los coeficientes de variación para la germinación estuvieron en un rango de entre 6,23% y 14,64% lo que permitió concluir que el número de repeticiones (5) utilizado en el experimento también fue adecuado.

#### 5.1.1 *Lotus tenuis*

En el análisis de medias se observa que las semillas germinadas en el tratamiento de 2 dS/m presentaron un nivel ligeramente superior de germinación respecto del testigo (79,6% contra 78,8%) así como también para la velocidad de germinación, aunque no presentaron diferencias significativas con éste último ( $p > 0,05$ ).

Tabla 1: Efecto de la salinidad en el porcentaje de germinación medio y número medio de semillas germinadas para *Lotus tenuis*, medido a los 14 días después de la siembra. Letras distintas representan diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ ) LSD Fisher.

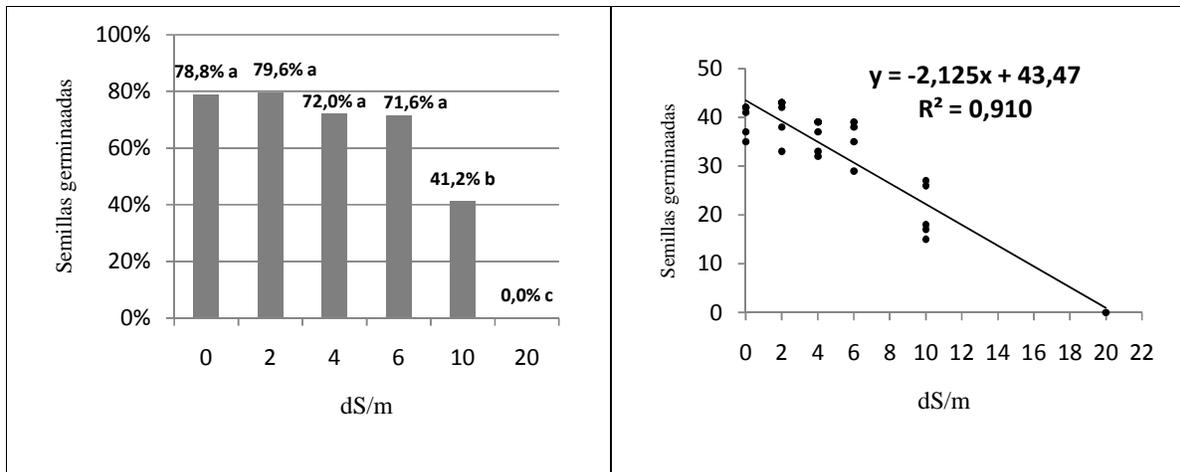
Especie	Salinidad dS/m	N° de semillas germinados	Desvío estándar	% de germinación	CV	R <sup>2</sup> Ajustado
<i>Lotus tenuis</i>	0	39,40	±3,21	78,8 a	13,31%	0,94
	2	39,80	±4,32	79,6 a		
	4	36,00	±3,32	72,0 a		
	6	35,80	±4,08	71,6 a		
	10	20,60	±5,50	41,2 b		
	20	0,00	±0	0 c		

Tabla 2: Efecto de la salinidad en el índice de velocidad medio para *Lotus tenuis*. Letras distintas representan diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ ) LSD Fisher.

Especie	Salinidad	Índice de velocidad medio	Desvío estándar	CV	R <sup>2</sup> Ajustado
<i>Lotus tenuis</i>	0	2,16 ab	±0,13	13,69%	0,94
	2	2,24 a	±0,28		
	4	1,40 bc	±0,13		
	6	1,86 c	±0,13		
	10	0,87 d	±0,27		
	20	0,00 e	±0		

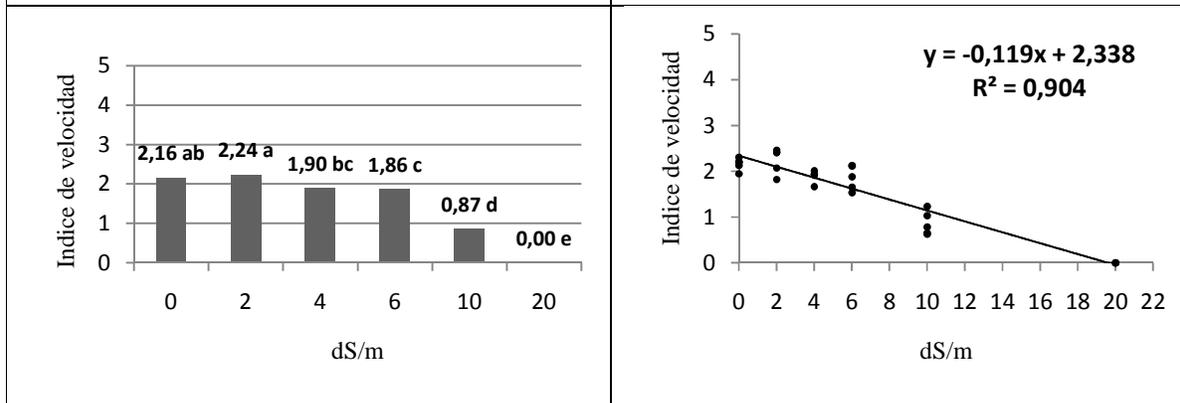
Los valores de germinación obtenidos para 0, 2, 4 y 6 dS/m no tuvieron diferencia entre sí ( $p > 0,05$ ), mientras que ya a 10 dS/m se observó una disminución estadísticamente significativa. A 20 dS/m no hubo germinación por lo tanto este fue el mínimo valor posible de germinación de *Lotus tenuis* con respecto a los tratamientos anteriores ( $p < 0,05$ ). En la figura 2 puede apreciarse la función de disminución de la germinación para *Lotus tenuis*.

En cuanto al índice de velocidad, se pudo determinar que fue igual el valor alcanzado entre 0 y 2 dS/m, a su vez, el de 2 dS/m fue semejante al de 4 dS/m y éste con el tratamiento a 6 dS/m ( $p > 0,05$ ). Menor valor alcanzó el índice de velocidad a 10 dS/m y el mínimo correspondió a 20 dS/m ( $p < 0,05$ ) (Figuras 3 y 4).



**Figura 1:** Número total de semillas de *Lotus tenuis* germinadas en los diferentes tratamientos.

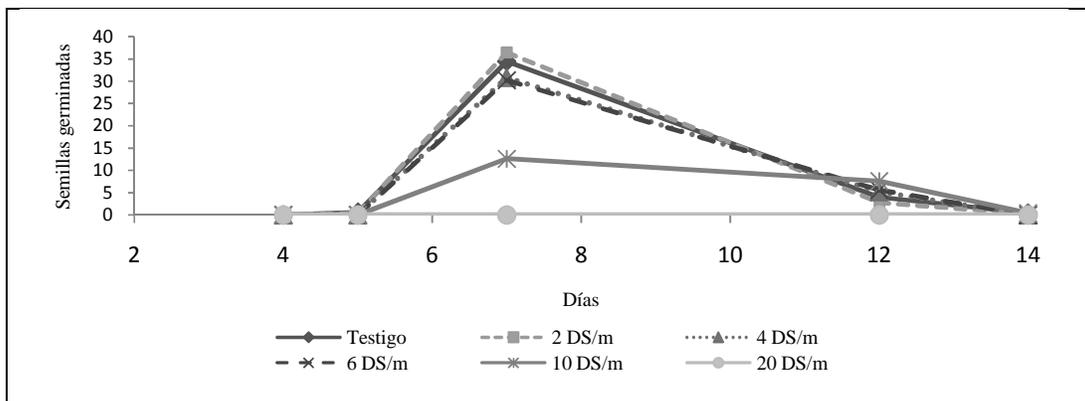
**Figura 2:** Disminución del número total de semillas de *Lotus tenuis* germinadas en los diferentes tratamientos.



**Figura 3:** Índice de velocidad para *Lotus tenuis* bajo los distintos tratamientos.

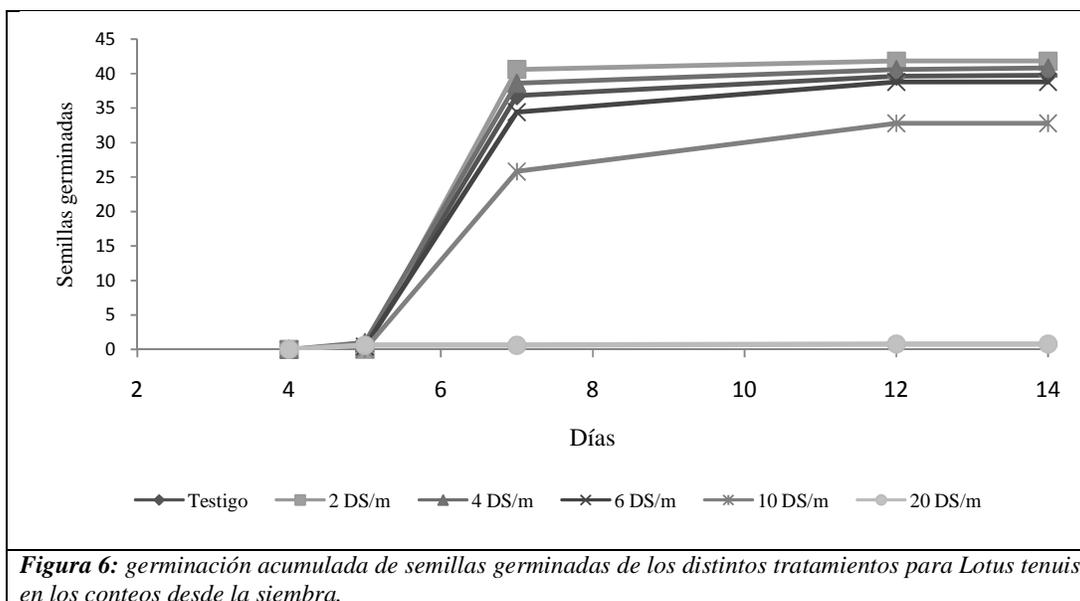
**Figura 4:** Disminución del índice de velocidad para *Lotus tenuis* en los diferentes tratamientos.

En la figura 5 puede verse la dinámica de las semillas emergidas en los diferentes días del conteo. Puede apreciarse que los tratamientos de menor salinidad presentan una germinación más temprana y los de mayor salinidad presentan valores sensiblemente más altos de semillas germinadas hacia el fin del ensayo.



**Figura 5:** Distribución de la germinación de semillas de los distintos tratamientos para *Lotus tenuis* en los conteos desde la siembra.

En la figura 6 se muestran los valores acumulados de germinación de los diferentes días de medición para *Lotus tenuis*. Pueden observarse la similitud en la cantidad de semillas germinadas en los tratamientos de 2 a 6 dS/m y testigo, con una sensible disminución de los valores al aumentar la salinidad a partir de este último, esas diferencias se achican hacia los 12 y 14 días de observaciones. A 10 dS/m ya se observa una marcada disminución de la germinación con un leve aumento hacia el final del experimento, aunque con una mayor tendencia a aumentar que las salinidades menores. A 20 dS/m prácticamente no hubo germinación.



### 5.1.2 *Melilotus albus*.

En el caso de *Melilotus* se observó una disminución de la germinación (Figura 7) y de la velocidad de germinación de significación a partir del testigo ( $p < 0,05$ ) (Figura 9), no hubo diferencias entre la germinación a 2, 4 y 6 dS/m ( $p > 0,05$ ) y no hubo diferencias para la velocidad de germinación entre los tratamientos de 2 y 4 dS/m, pero si hubo menor velocidad en 6 dS/m.

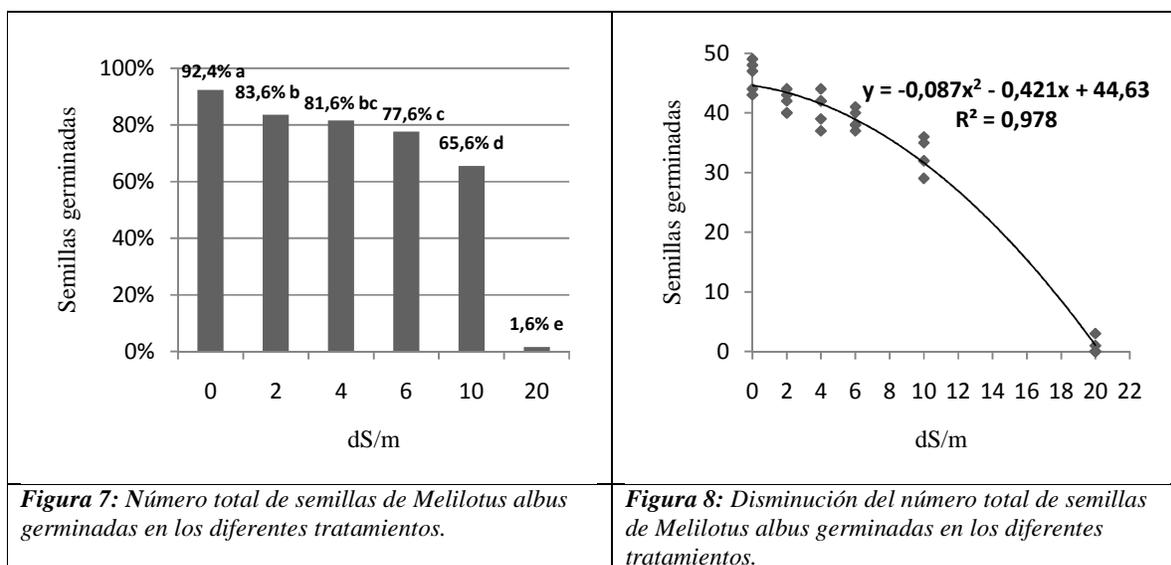
En 10 dS/m se observó un 65% de germinación y menor velocidad de germinación que tuvo diferencias significativas con respecto a los demás tratamientos, y por último se encontró que los tratamientos a 20 dS/m presentaron la menor germinación con el 1,6% de las semillas sembradas y la menor velocidad observada. En la Figura 8 puede observarse la función de disminución de semillas germinadas al variar la salinidad, esta ajustó muy bien en una relación de segundo orden o cuadrática ( $R^2 = 0,978$ ), mientras que en la Figura 10 la función ajusta a una de tipo lineal para el índice de velocidad.

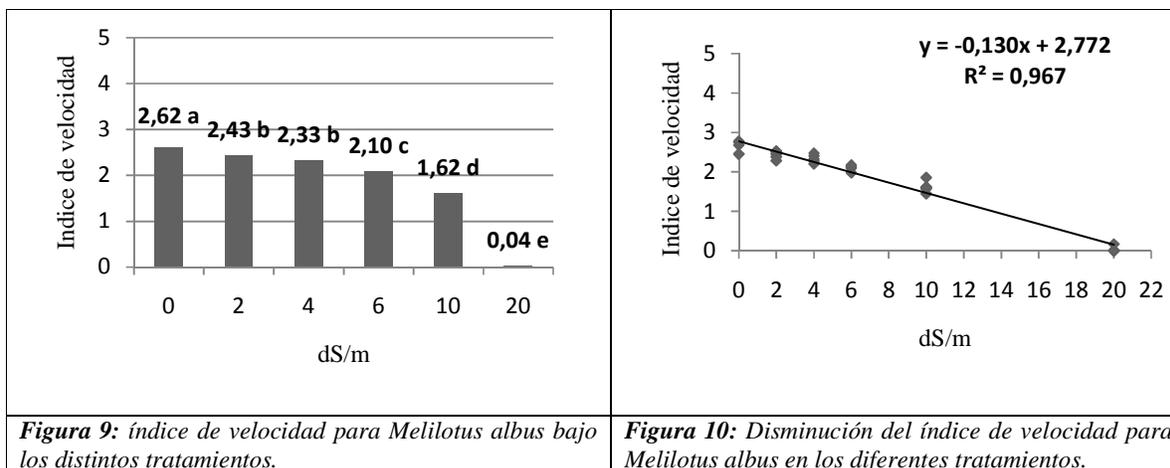
Tabla 3: Efecto de la salinidad en el porcentaje de germinación medio y número medio de semillas germinadas para *Melilotus albus*, medido a los 14 días después de la siembra. Letras distintas representan diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ ) LSD Fisher.

Especie	Salinidad dS/m	N° de semillas germinados	Desvío estándar	% de germinación	CV	R <sup>2</sup> Ajustado
<i>Melilotus albus</i>	0	46,20 a	±2,59	92,4	6,63%	0,98
	2	41,80 b	±1,79	83,6		
	4	40,80 bc	±2,77	81,2		
	6	38,80 c	±1,64	77,6		
	10	32,80 d	±2,77	65,6		
	20	0,80 e	±1,30	1,6		

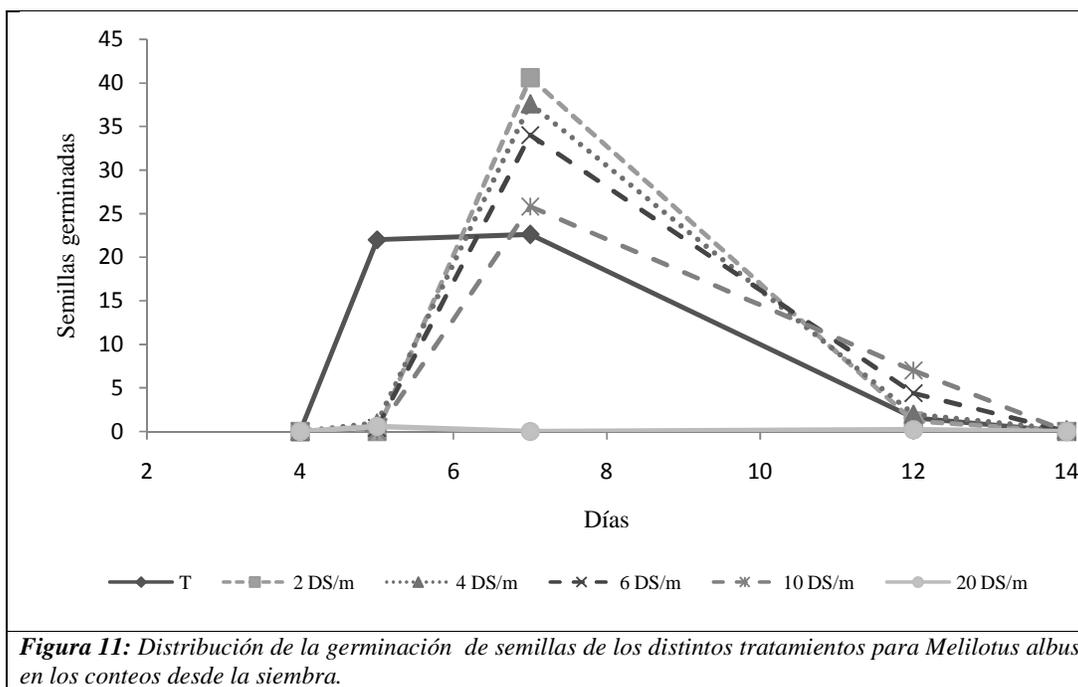
Tabla 4: Efecto de la salinidad en el índice de velocidad medio para *Melilotus albus*. Letras distintas representan diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ ) LSD Fisher.

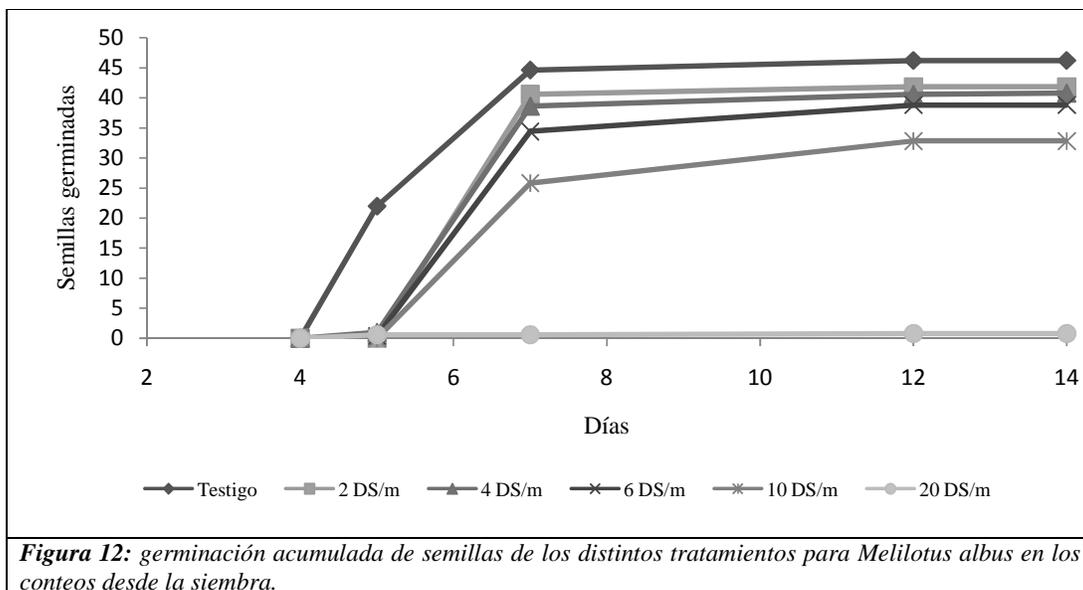
Especie	Salinidad dS/m	Índice de velocidad medio	Desvío estándar	CV	R <sup>2</sup> Ajustado
<i>Melilotus albus</i>	0	2,62 a	±0,16	6,23%	0,98
	2	2,43 b	±0,10		
	4	2,33 b	±0,10		
	6	2,10 c	±0,07		
	10	1,62 d	±0,15		
	20	0,05 e	±0,08		





En las figuras 11 y 12 puede verse que para *Melilotus albus* el tratamiento testigo fue el de más rápida germinación, donde los tratamientos de 6 y 10 dS/m mostraron un proceso más lento de germinación, los cuales recién a los 12 días de sembrados presentaron un número de semillas levemente superior que los del testigo y a los de 2 y 4 dS/m (Figura 11). En el número de semillas acumulado puede verse que los valores de germinación se estabilizan en fechas posteriores en las salinidades más altas respecto de los tratamientos 2, 4 dS/m y testigo (Figura 12), pero a medida que aumenta la salinidad la cantidad final de semillas va disminuyendo, diferenciándose el testigo levemente de los tratamientos a 2, 4 y 6 dS/m, y en mayor medida de 10 dS/m y por último a 20 dS/m el cual resultó insignificante.





### 5.1.3 *Agropyron elongatum*.

Los valores obtenidos para agropiro, muestran un que a 2 dS/m hubo mayor germinación que a 0 dS/m ( $p < 0,05$ ), los valores hallados en 4 y 6 dS/m no presentan diferencias estadísticas con el testigo ( $p > 0,05$ ). Tampoco a 4 y 6 dS/m se presentaron diferencias con el tratamiento a 2 dS/m y se puede apreciar un valor sensiblemente mayor de germinación en éstos respecto de 0 dS/m aunque no de significancia estadística.

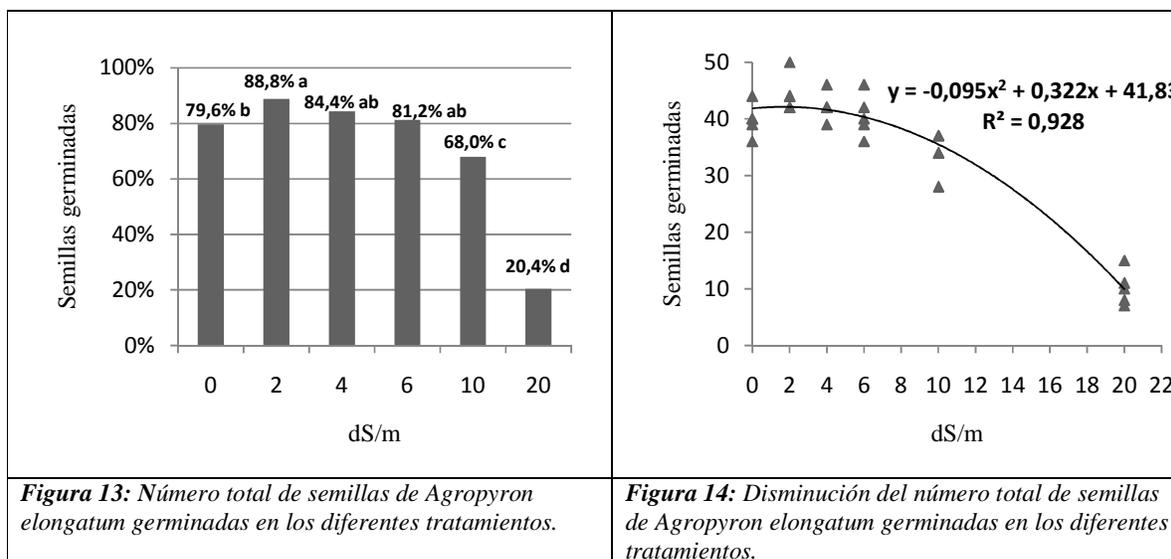
A partir de 2 dS/m comienzan a observarse caídas leves en la germinación que determinan una tendencia, la germinación comienza a disminuir a medida que la salinidad aumenta a partir de este tratamiento. Recién a 10 dS/m esta diferencia mostró valores que tienen significación estadística ( $p < 0,05$ ), y además pudo observarse la gran disminución de la germinación en niveles de salinidad de 20 dS/m, donde sólo se alcanzó el 20,4% de semillas germinadas que fueron sembradas, así mismo se ven diferencias de significación en la disminución de la velocidad de germinación en estos tratamientos (figura 15). Los tratamientos de 10 y 20 dS/m presentaron un nivel de reducción de velocidad proporcionalmente de mayor magnitud que la reducción en los niveles de germinación. La ecuación de ajuste para la germinación final para los distintos tratamientos puede verse en la figura 14.

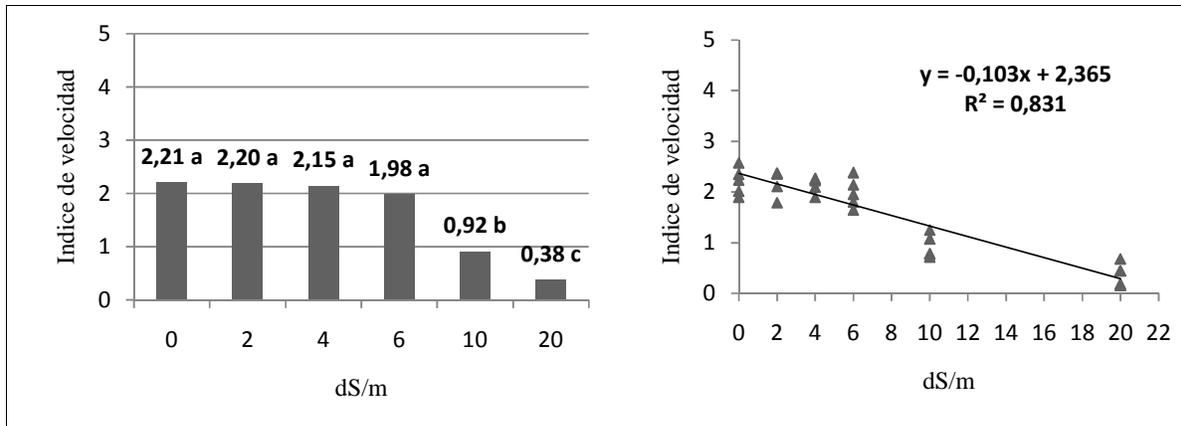
Tabla 5: Efecto de la salinidad en el porcentaje de germinación medio y número medio de semillas germinadas para *Agropyron elongatum*, medido a los 14 días después de la siembra. Letras distintas representan diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ ) LSD Fisher.

Especie	Salinidad dS/m	N° de semillas germinados	Desvío estándar	% de germinación	CV	R <sup>2</sup> Ajustado
<i>Agropyron elongatum</i>	0	39,80	±2,86	79,6 b	9,15%	0,93
	2	44,40	±3,29	88,8 a		
	4	42,20	±2,49	84,4 ab		
	6	40,60	±3,71	81,2 ab		
	10	34,00	±3,67	68,0 c		
	20	10,20	±3,11	20,4 d		

Tabla 6: Efecto de la salinidad en el índice de velocidad para *Agropyron elongatum*. Letras distintas representan diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ ) LSD Fisher.

Especie	Salinidad dS/m	Índice de velocidad medio	Desvío estándar	CV	R <sup>2</sup> Ajustado
<i>Agropyron elongatum</i>	0	2,21 a	±0,27	14,64%	0,93
	2	2,20 a	±0,25		
	4	2,15 a	±0,16		
	6	1,95 a	±0,29		
	10	0,92 b	±0,23		
	20	0,38 c	±0,22		

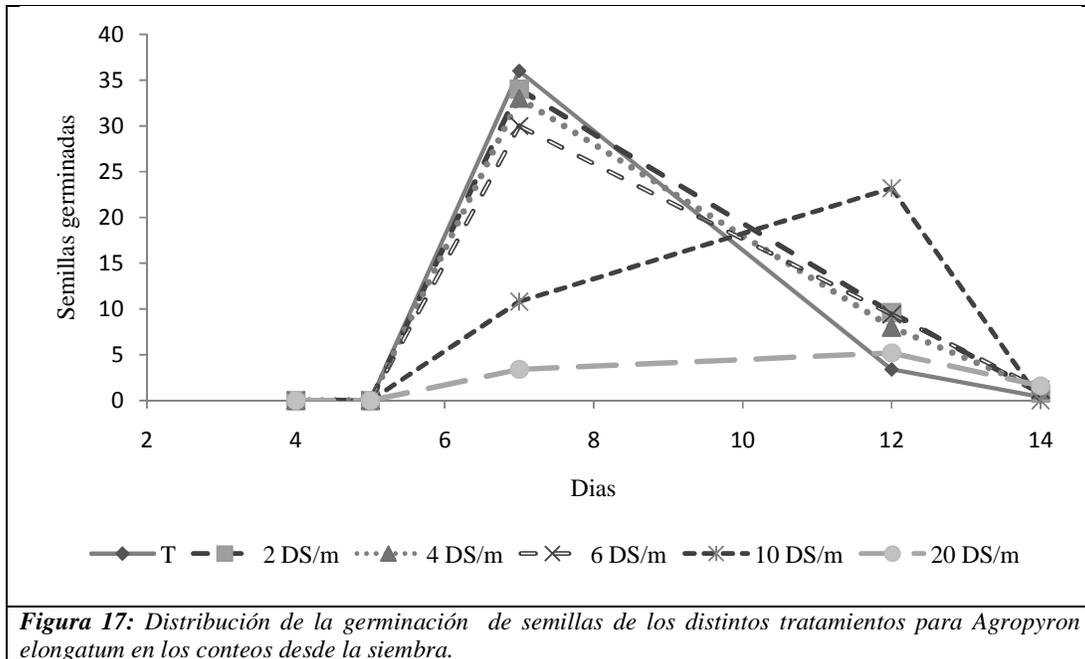




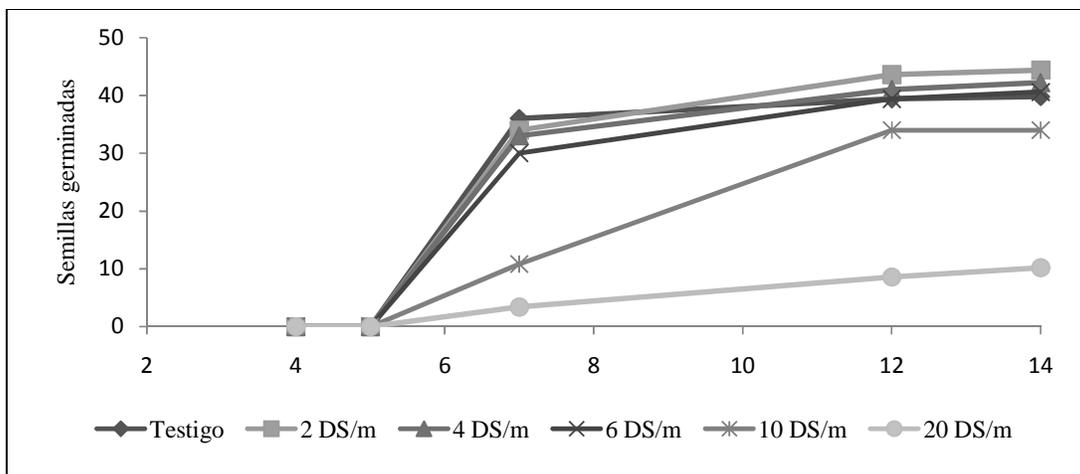
**Figura 15:** índice de velocidad para *Agropyron elongatum* bajo los distintos tratamientos.

**Figura 16:** Disminución del índice de velocidad para *Agropyron elongatum* en los diferentes tratamientos.

Observando la distribución y el valor de germinación acumulado en las figuras 17 y 18, puede verse que los tratamientos de 0 a 6 dS/m presentaron comportamientos muy similares, solo para 10 y 20 dS/m se ven aumentos en fechas posteriores de la germinación de semillas (Figura 17), así como el acumulado (Figura 18), con la diferencia que todos los tratamientos tendieron a aumentar pero este efecto es más marcado en el tratamiento de 20 dS/m donde se ve una clara tendencia a seguir aumentando aún a los 14 días desde la siembra.



**Figura 17:** Distribución de la germinación de semillas de los distintos tratamientos para *Agropyron elongatum* en los conteos desde la siembra.



**Figura 18:** Germinación acumulada de semillas de los distintos tratamientos para *Agropyron elongatum* en los conteos desde la siembra.

#### 5.1.4 *Chloris gayana*.

En cuanto a grama Rhodes se refiere, como pasó con *Lotus tenuis* y *Agropyron elongatum* el tratamiento de 2 dS/m presentó el valor de germinación más alto, los tratamientos testigo y 6 dS/m no presentaron diferencias respecto del tratamiento de 2 dS/m ( $p > 0,05$ ). Además, los tratamientos testigo, 4, 6 y 10 dS/m no tuvieron diferencias estadísticas entre sí, recién se pueden ver diferencias a 20 dS/m ( $p < 0,05$ ). El menor valor observado a 4 dS/m respecto de 6 dS/m, se atribuye al menor valor promedio por el mayor desvío estándar de las observaciones. *Chloris gayana* también presentó una leve tendencia a disminuir la velocidad de germinación como lo ocurrido con *Melilotus albus* y *Agropyron elongatum* aunque sin diferencias de significación entre el testigo, 2, 4, 6 y 10 dS/m. Solo presentó diferencias estadísticas el tratamiento a 20 dS/m. (Ver figuras 19 y 21). En este caso la función de disminución de la velocidad de germinación se ajustó mejor a una función de tipo cuadrática.

*Tabla 7: Efecto de la salinidad en el porcentaje de germinación medio y número medio de semillas germinadas para Chloris gayana, medido a los 14 días después de la siembra. Letras distintas representan diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ ) LSD Fisher.*

Especie	Salinidad dS/m	N° de semillas germinados	Desvío estándar	% de germinación	CV	R <sup>2</sup> Ajustado
<i>Chloris gayana</i>	0	41,20	±2,59	82,4 ab	6,68%	0,97
	2	42,00	±2,24	84 a		
	4	38,40	±3,21	76,8 b		
	6	39,20	±2,28	78,4 ab		
	10	38,20	±1,30	76,4 b		
	20	7,40	±1,67	14,8 c		

Tabla 8: Efecto de la salinidad en el índice de velocidad para *Chloris gayana*. Letras distintas representan diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ ) LSD Fisher.

Especie	Salinidad	Índice de velocidad medio	Desvío estándar	CV	R <sup>2</sup> Ajustado
<i>Chloris gayana</i>	0	2,35 a	±0,14	6,84%	0,97
	2	2,34 a	±0,10		
	4	2,26 a	±0,17		
	6	2,21 a	±0,12		
	10	2,20 a	±0,12		
	20	0,36 b	±0,14		

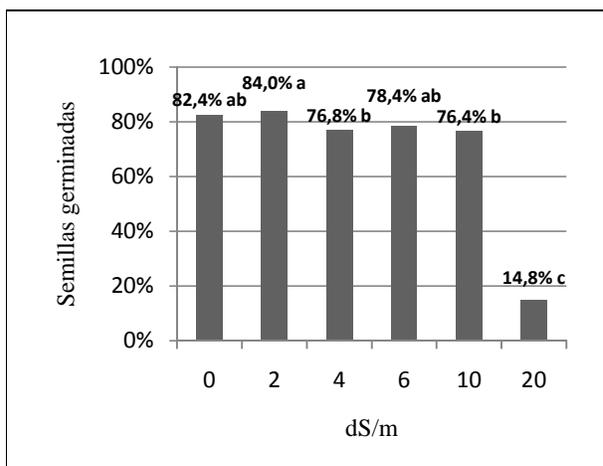


Figura 19: Número total de semillas de *Chloris gayana* germinadas en los diferentes tratamientos.

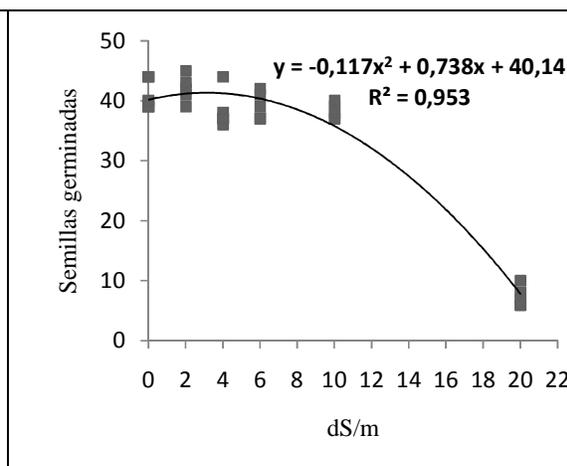


Figura 20: Disminución del número total de semillas de *Chloris gayana* germinadas en los diferentes tratamientos.

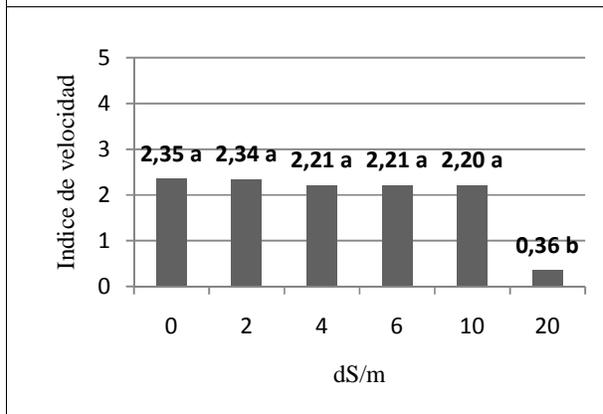


Figura 21: índice de velocidad para *Chloris gayana* bajo los distintos tratamientos.

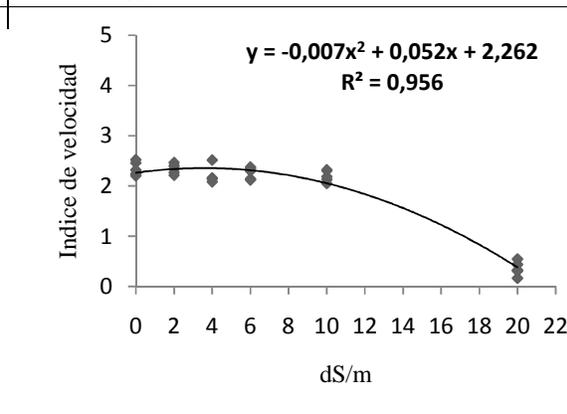
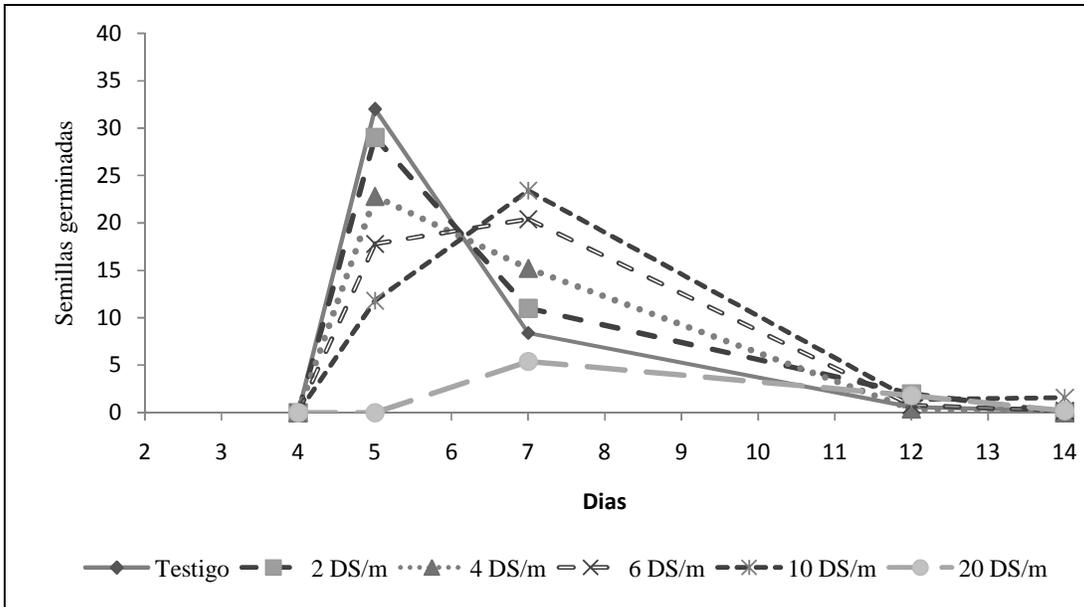


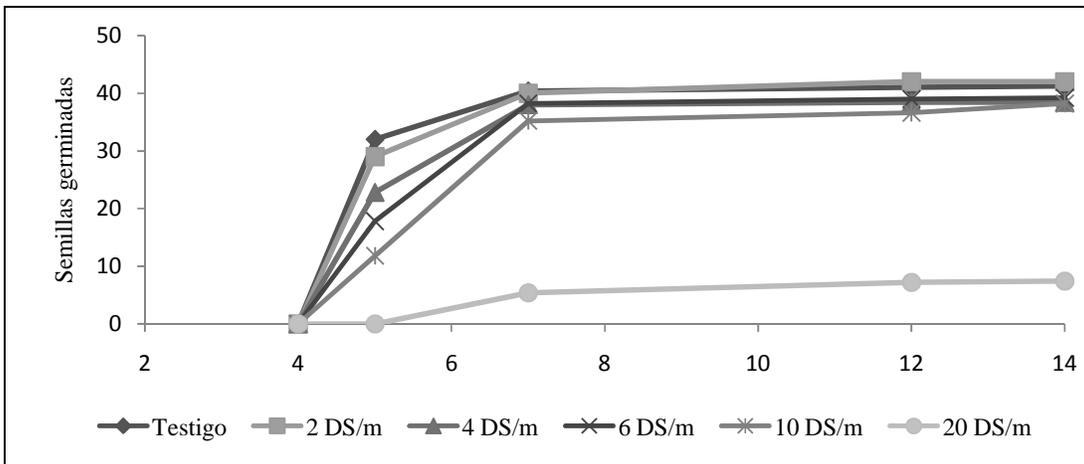
Figura 22: Disminución del índice de velocidad para *Chloris gayana* en los diferentes tratamientos.

En la distribución y el valor acumulado de la germinación para *Chloris gayana* se pudo constatar que se observó una tendencia a la disminución del número de semillas germinadas al aumentar la salinidad de los tratamientos. Pudo verse que los máximos valores de semillas germinadas en cada tratamiento tienden a un menor valor y desplazarse ocurriendo a mayor

cantidad de días desde la siembra al aumentar la salinidad. En lo relativo al nivel de germinación acumulada pudo verse que ya a los 7 días desde la siembra sus valores se estabilizaron prácticamente para todos los tratamientos. (Figuras 23 y 24).



**Figura 23:** Distribución de la germinación de semillas de los distintos tratamientos para Chloris gayana en los conteos desde la siembra.



**Figura 24:** germinación acumulada de semillas de los distintos tratamientos para Chloris gayana en los conteos desde la siembra.

## 5.2 INTERACCIONES ENTRE ESPECIES Y SALINIDAD.

### 5.2.1 INDICE DE GERMINACIÓN

En el análisis de la varianza de los datos obtenidos, el modelo experimental utilizado para el índice de germinación de las cuatro especies evaluadas presentaron alta significancia estadística ( $p < 0,0001$ ;  $\alpha: 0,05$ ), así como también el modelo presentó significancia ( $p < 0,0001$ ;

$\alpha$ : 0,05) para los diferentes tratamientos salinos. En el análisis de interacciones entre salinidad y especie el modelo experimental utilizado también presentó alta significancia estadística para el índice de germinación ( $p < 0,0001$ ;  $\alpha$ : 0,05), por ende se pudo determinar que las especies presentaron una respuesta (sensibilidad) diferenciada, los índices de germinación también presentaron diferente respuesta en distintos tratamientos salinos y hubo diferencias en el índice de germinación de acuerdo a la salinidad y la especie que se tratase. Los test de medias a su vez presentaron un alto grado de ajuste de los datos ( $0,96 R^2Aj$ ) y bajo coeficiente de variación (9,83%).

### 5.2.1.1 Especies

Se pudo observar en lo respectivo a las especies evaluadas que *Agropyron elongatum* fue la especie que presentó mayor índice de germinación respecto de las demás, con diferencias de significancia estadística ( $p < 0,05$ ), en segundo orden se observó a *Chloris gayana* ( $p < 0,05$ ), cuyo índice fue menor al de *A. elongatum* pero mayor a *Lotus tenuis* y *Melilotus albus*, éstas últimas no difirieron entre sí ( $p > 0,05$ ). Ver tabla 9 y Figura 25.

Tabla 9: índice de germinación medio de *L. tenuis*, *M. Albus*, *A. elongatum* y *C. gayana*. Letras distintas representan diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ ) DGC.

Especie	Índice de germinación	Desvío estándar	CV	$R^2Ajustado$
<i>L. tenuis</i>	0,67 c	$\pm 0,39$	9,83%	0,96
<i>M. albus</i>	0,67 c	$\pm 0,34$		
<i>A. elongatum</i>	0,86 a	$\pm 0,33$		
<i>C. gayana</i>	0,80 b	$\pm 0,32$		

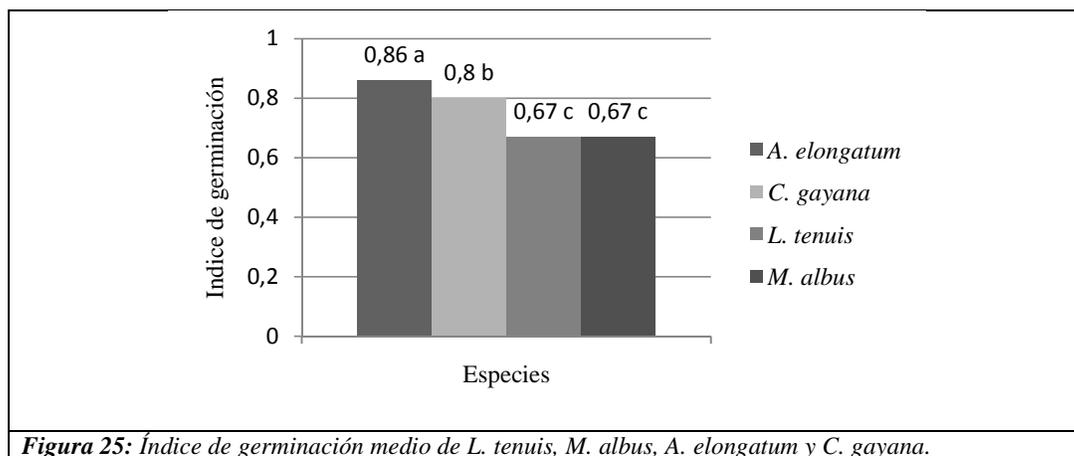


Figura 25: Índice de germinación medio de *L. tenuis*, *M. albus*, *A. elongatum* y *C. gayana*.

### 5.2.1.2 Salinidad

En cuanto a las diferentes salinidades, se pudo observar que los mayores índices de germinación se observaron a 2 dS/m ( $p < 0,05$ ), a 4 y 6 dS/m se observó un menor índice respecto de 2 dS/m pero que fueron iguales entre sí, a 10 dS/m ya se observó un menor índice respecto de los tres anteriores pero mayor y estadísticamente diferente al valor encontrado a 20 dS/m. Ver Tabla 10 y Figura 26.

Tabla 10: índice de germinación medio a 2, 4, 6, 10 y 20 dS/m. Letras distintas representan diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ ) DGC.

Salinidad (dS/m)	Índice de germinación	Desvío estándar	CV	R <sup>2</sup> Ajustado
2	1,01 a	±0,1	9,83%	0,96
4	0,95 b	±0,09		
6	0,93 b	±0,1		
10	0,75 c	±0,18		
20	0,11 d	±0,12		

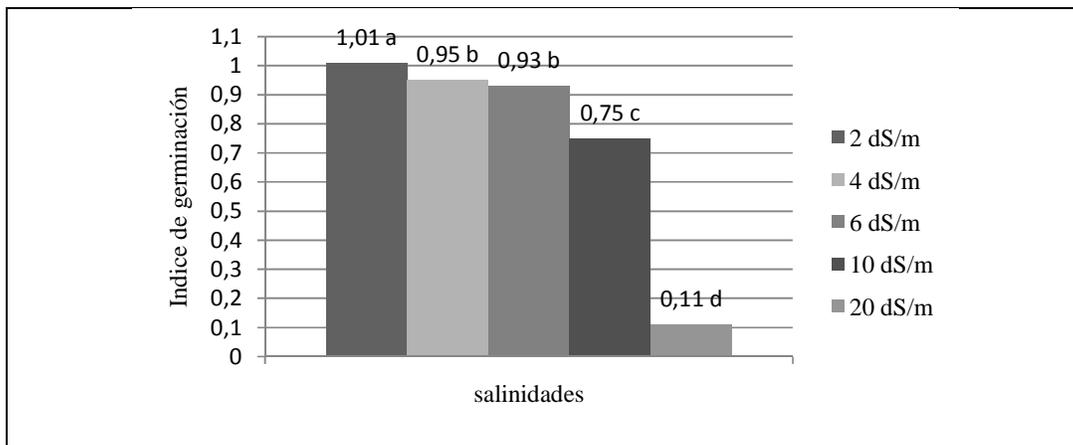


Figura 26: Índice de germinación medio a 2, 4, 6, 10 y 20 dS/m.

### 5.2.1.3 Interacción Salinidad-Especie

Para el análisis de las interacciones que hubo entre salinidad y especie, se pudo hallar que a 2 dS/m, *Agropyron elongatum*, *Lotus tenuis* y *Chloris gayana* poseyeron el mismo índice de germinación ( $p > 0,05$ ), menor valor alcanzó *Melilotus albus* ( $p < 0,05$ ).

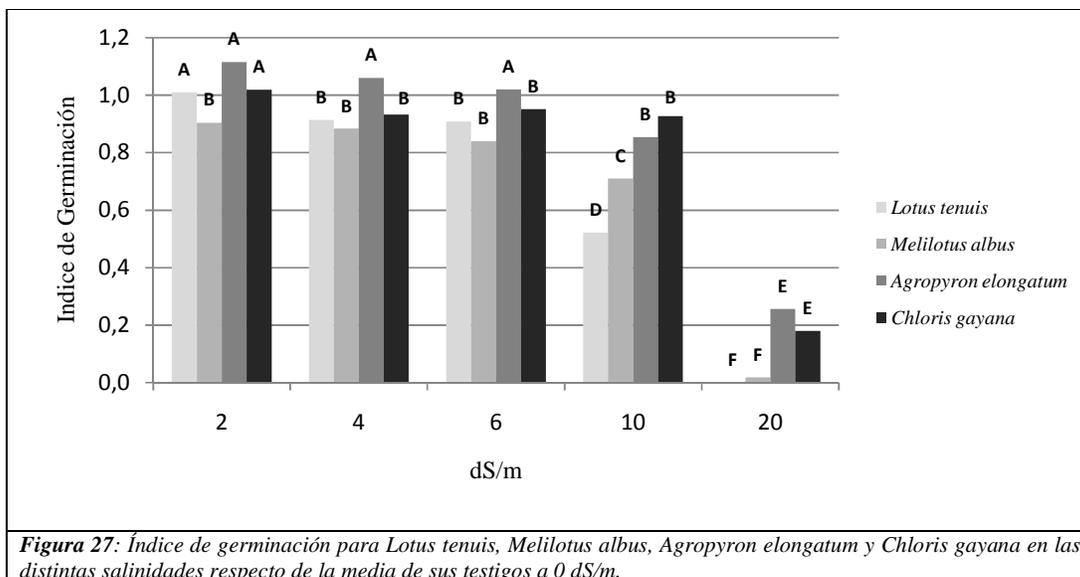
A 4 y 6 dS/m, *Agropyron elongatum* fue la especie que mantuvo su índice de germinación respecto del tratamiento a 2 dS/m, siendo los niveles de *Chloris gayana*, *Melilotus albus* y *Lotus tenuis* ya menores ( $p < 0,05$ ), mientras que en el caso de *Melilotus albus* su valor de índice de germinación alcanzado se mantuvo respecto de 2 dS/m ( $p > 0,05$ ).

A 10 dS/m, *Agropyron elongatum* y *Chloris gayana* presentaron el más alto índice de germinación respecto de *Melilotus albus* ( $p < 0,05$ ), y *Lotus tenuis* presentó el menor nivel de las cuatro especies ( $p < 0,05$ ). A este nivel, *Agropyron elongatum* ya disminuye su índice respecto de los niveles anteriores ( $p < 0,05$ ), mientras que *Chloris gayana* los mantuvo respecto de 4 y 6 dS/m ( $p > 0,05$ ). Además, *Lotus tenuis* y *Melilotus albus* presentan menor índice de germinación respecto de los tratamientos anteriores ( $p < 0,05$ ).

A 20 dS/m, *Agropyron elongatum* y *Chloris gayana* presentan el mayor índice de germinación ( $p < 0,05$ ) respecto de *Lotus tenuis* y *Melilotus albus*, siendo los valores de estas dos últimas especies similares entre sí ( $p > 0,05$ ). También a este nivel, las cuatro especies presentan menores índices de germinación respecto de los tratamientos salinos anteriores ( $p < 0,05$ ).

Tabla 11: Efecto de la salinidad en el índice de germinación medio para las cuatro especies en los distintos tratamientos. Letras distintas representan diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ ) DGC.

Especie	Salinidad	IG medio	Significancia estadística	Desvío estándar	CV	R <sup>2</sup> Ajustado
<i>Lotus tenuis</i>	2	1,01	A	±0,11	9,83%	0,96
	4	0,91	B	±0,08		
	6	0,91	B	±0,10		
	10	0,52	D	±0,14		
	20	0,00	F	±0,00		
<i>Melilotus albus</i>	2	0,90	B	±0,04		
	4	0,88	B	±0,06		
	6	0,84	B	±0,04		
	10	0,71	C	±0,06		
	20	0,02	F	±0,03		
<i>Agropyron elongatum</i>	2	1,12	A	±0,08		
	4	1,06	A	±0,06		
	6	1,02	A	±0,09		
	10	0,85	B	±0,09		
	20	0,26	E	±0,08		
<i>Chloris gayana</i>	2	1,02	A	±0,05		
	4	0,93	B	±0,08		
	6	0,95	B	±0,06		
	10	0,93	B	±0,03		
	20	0,18	E	±0,04		



### 5.2.2 VELOCIDAD RELATIVA DE GERMINACIÓN.

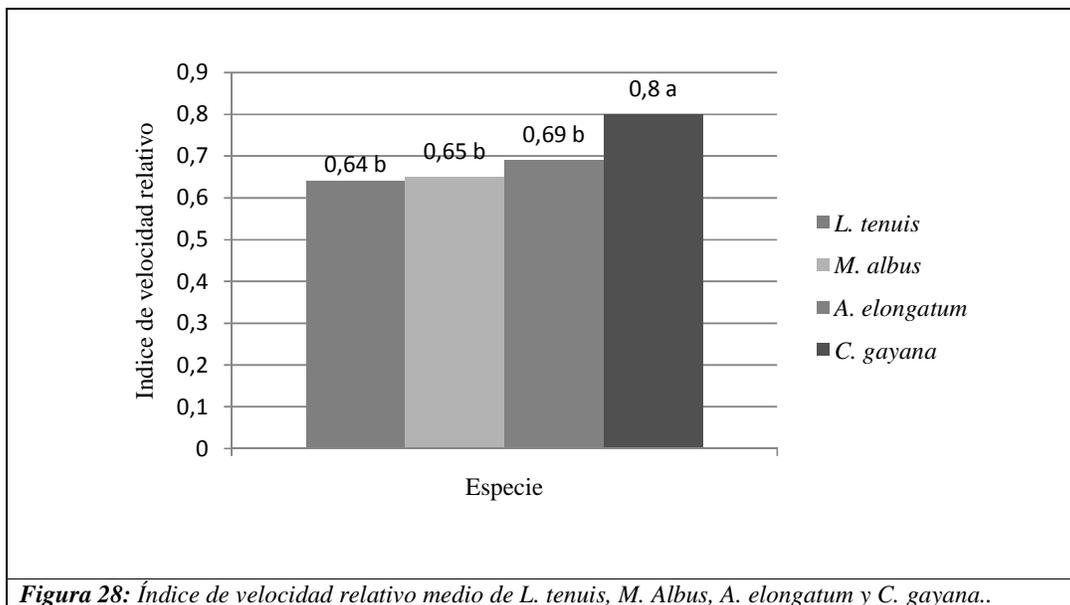
En el análisis de la varianza de los datos obtenidos, el modelo experimental utilizado para el índice de velocidad relativo de las cuatro especies evaluadas presentó alta significancia estadística ( $p < 0,0001$ ;  $\alpha: 0,05$ ), así como también el modelo presentó significancia para los diferentes tratamientos salinos ( $p < 0,0001$ ;  $\alpha: 0,05$ ), por tanto hubo respuesta diferente del índice de velocidad relativo entre especies y también entre tratamientos de diferente salinidad. En el análisis de interacciones entre salinidad y especie el modelo experimental utilizado también presentó alta significancia estadística para el índice de velocidad relativo ( $p < 0,0001$ ;  $\alpha: 0,05$ ), por ende se pudo determinar que las diferentes especies presentaron una respuesta diferenciada en los distintos tratamientos salinos. Los test de medias a su vez presentaron alto grado de ajuste de los datos ( $0,95 R^2 Aj$ ) y bajo coeficiente de variación (11,95%).

#### 5.2.2.1 Especies

Se pudo observar en lo respectivo a las especies evaluadas que *Chloris gayana* fue la especie que presentó mayor índice de velocidad relativo respecto de las demás, con diferencias de significancia estadística ( $p < 0,05$ ), menores índices de velocidad relativa tuvieron *Agropyron elongatum*, *Lotus tenuis* y *Melilotus albus* ( $p < 0,05$ ) que resultaron iguales entre sí (Tabla 12).

Tabla 12: índice de velocidad relativo medio de *L. tenuis*, *M. Albus*, *A. elongatum* y *C. gayana*. Letras distintas representan diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ ) DGC.

Especie	Índice de velocidad relativo	Desvío estándar	CV	$R^2$ Ajustado
<i>L. tenuis</i>	0,64 b	$\pm 0,40$	11,65%	0,95
<i>M. albus</i>	0,65 b	$\pm 0,34$		
<i>A. elongatum</i>	0,69 b	$\pm 0,35$		
<i>C. gayana</i>	0,80 a	$\pm 0,33$		



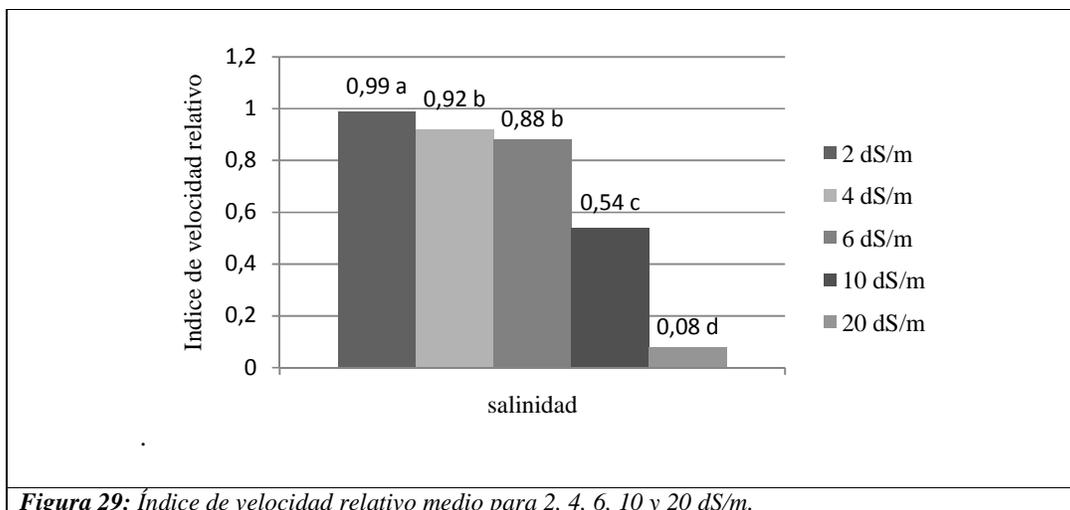
**Figura 28:** Índice de velocidad relativo medio de *L. tenuis*, *M. Albus*, *A. elongatum* y *C. gayana*..

### 5.2.2.2 Salinidad

Los datos observados en cuanto al índice de velocidad relativo muestran que a 2 dS/m la velocidad de germinación de todas las especies fue la más rápida ( $p < 0,05$ ), en orden decreciente se vió que a 4 y 6 dS/m el índice de velocidad de las especies es menor que el de 2 dS/m e iguales entre sí ( $p > 0,05$ ), a 10 dS/m el índice de velocidad relativo disminuyó respecto de los tratamientos anteriores resultando menor ( $p < 0,05$ ), y por último el tratamiento de 20 dS/m fue el que menor índice de velocidad relativa presentó ( $p < 0,05$ ).

*Tabla 13: índice de velocidad relativo medio a 2, 4, 6, 10 y 20 dS/m. Letras distintas representan diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ ) DGC.*

Salinidad (dS/m)	Índice de velocidad relativo	Desvío estándar	CV	$R^2$ Ajustado
2	0,99 a	$\pm 0,09$	11,65%	0,95
4	0,92 b	$\pm 0,07$		
6	0,88 b	$\pm 0,10$		
10	0,54 c	$\pm 0,24$		
20	0,08 d	$\pm 0,09$		



**Figura 29:** Índice de velocidad relativo medio para 2, 4, 6, 10 y 20 dS/m.

### 5.2.2.3 Interacción Salinidad-Especie

En el análisis de las interacciones que hubo entre salinidad y especie para el índice relativo de velocidad, se pudo hallar que a 2, 4 y 6 dS/m *Agropyron elongatum*, *Lotus tenuis*, *Melilotus albus* y *Chloris gayana* no presentaron diferencias estadísticas ( $p > 0,05$ ).

A 10 dS/m, solo *Chloris gayana* mantuvo su nivel de índice de velocidad relativo respecto de los tratamientos anteriores ( $p > 0,05$ ). Mientras que menor fue el índice de velocidad relativo de *Melilotus albus* ( $p < 0,05$ ). Los índices alcanzados en este tratamiento por *Agropyron elongatum* y *Lotus tenuis* fueron iguales entre sí pero ambos menores que las dos especies citadas anteriormente ( $p < 0,05$ ).

Ya a 20 dS/m, pudo verse que las cuatro especies presentaron el menor índice de velocidad relativo respecto de los tratamientos anteriores, siendo *Agropyron elongatum* y *Chloris gayana* similares entre sí y mayores que los alcanzados por *Lotus tenuis* y *Melilotus albus*.

Tabla 14: Efecto de la salinidad en el índice de velocidad relativo medio para las cuatro especies en los distintos tratamientos. Letras distintas representan diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ ) DGC.

Especie	Salinidad	IG medio	Significancia estadística	Desvío estándar	CV	R <sup>2</sup> Ajustado
<i>Lotus tenuis</i>	2	1,04	A	±0,13	11,65%	0,95
	4	0,88	A	±0,06		
	6	0,86	A	±0,12		
	10	0,40	C	±0,12		
	20	0,00	E	±0		
<i>Melilotus albus</i>	2	0,93	A	±0,04		
	4	0,89	A	±0,04		
	6	0,80	A	±0,03		
	10	0,62	B	±0,06		
	20	0,01	E	±0,03		
<i>Agropyron elongatum</i>	2	0,99	A	±0,11		
	4	0,97	A	±0,07		
	6	0,90	A	±0,13		
	10	0,42	C	±0,10		
	20	0,17	D	±0,10		
<i>Chloris gayana</i>	2	0,99	A	±0,04		
	4	0,94	A	±0,07		
	6	0,96	A	±0,05		
	10	0,94	A	±0,05		
	20	0,15	D	±0,06		

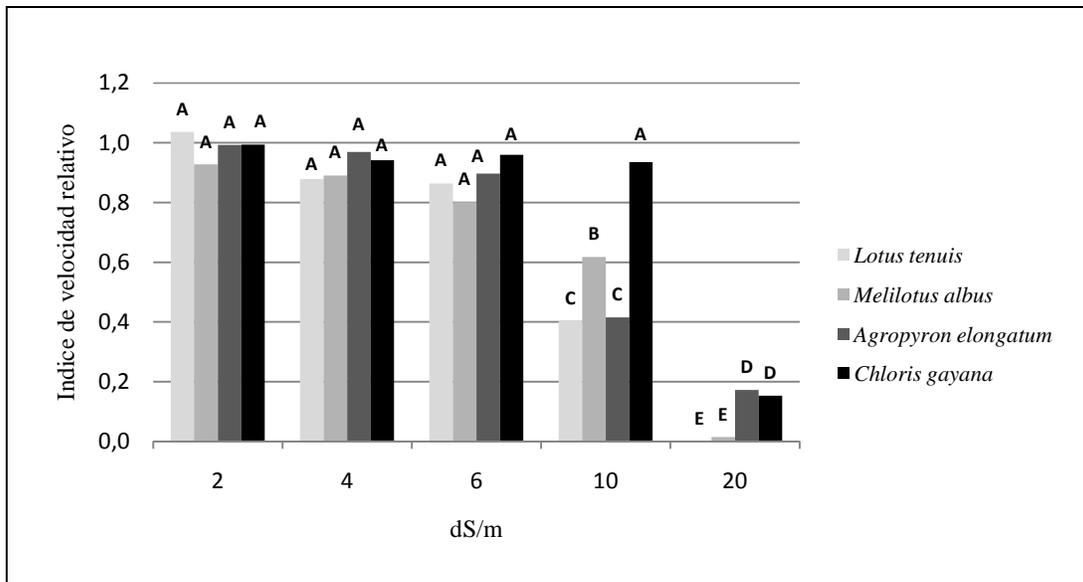


Figura 30: Índice de velocidad relativo medio para *Lotus tenuis*, *Melilotus albus*, *Agropyron elongatum* y *Chloris gayana* en las distintas salinidades respecto de la media de sus testigos a 0 dS/m.

## VI. DISCUSIÓN

En todos los casos estudiados se presentaron diferencias estadísticas significativas, en cuanto a la velocidad de germinación y número de semillas germinadas de las especies *Chloris gayana*, *Agropyron elongatum*, *Lotus tenuis* y *Melilotus albus* en condiciones de salinidad. La comparación entre ellas respecto de su testigo también observó variación.

La variabilidad de los datos observada fue baja.

De acuerdo con Bradford, (1995), se observó en el ensayo que la disminución del potencial (hacia valores más negativos) en la solución explica la demora progresiva en la germinación entre semillas de distintas especies y la variación en el porcentaje final.

En los ensayos realizados por Rosso *et al* (2011) se observó una tendencia similar de reducción de los parámetros medidos en el experimento para *Lotus tenuis* en semillas tratadas con soluciones de NaCl equivalentes a 7,2 y 15 dS/m, respectivamente, además también señalaron una disminución del índice de velocidad con el aumento de la salinidad. Resultados similares en cuanto a la disminución de plántulas emergidas con tenores salinos mayores a 8 dS/m también fueron descritos a campo por Zamolinski (2000). *Lotus tenuis* tendría un mejor comportamiento durante la germinación ante estrés de tipo alcalino respecto de las demás especies (Zamolinski, 2000; Rocco *et al*, 2010). También se debe tener en cuenta que las diferencias observadas en *Lotus tenuis* varían debido al genotipo utilizado, ya que existen diferentes respuestas para un mismo nivel de salinidad según el cultivar utilizado (Tropeano *et al*, 2010), a esto se suma la dureza del tegumento y el tiempo de almacenamiento que afectan el capacidad germinativa de *Lotus tenuis* (Casalla *et al*, 2010; Casalla *et al*, 2010b).

Si bien no fue motivo de cuantificación, se pudo observar a simple vista un menor desarrollo de la raíz a salinidades más altas en *Lotus tenuis*, estos efectos también fueron observados por Rocco *et al* (2010) e Ixtaina y Mujica (2004) sometiendo a las plántulas a estrés de tipo salino-alcalino; en ambas situaciones, *Lotus tenuis* si bien tuvo menor crecimiento - materia seca-, se observó un aumento de la relación raíz/tallo, lo que demostraría un mecanismo de adaptación de la especie a suelos con este tipo de limitantes (salinidad).

Otro efecto claramente observado en el tratamiento de salinidad de 20 dS/m fue la menor capacidad de imbibición de las semillas de *Lotus tenuis*, las cuales no presentaron la característica típica de “hinchazón” respecto del testigo y las salinidades de 2, 4, y 6 dS/m; según mencionan Bewley y Black (1994), si la cantidad de sal en el entorno es muy elevada, el

ingreso de agua a la semilla es restringido, el embrión no alcanza la turgencia necesaria para superar la restricción impuesta por las cubiertas seminales y la germinación no ocurre. Casalla *et al* (2010) también encontraron diferentes niveles de dureza en la semilla de *Lotus tenuis* los que impidieron la imbibición y determinaron un retraso y menores porcentajes de germinación.

En cuanto a *Melilotus albus*, en ensayos hechos por Priano y Pilatti (1989) se observó también una reducción significativa de la germinación presentando valores de disminución que guardan gran semejanza con los obtenidos aquí. Se pudo observar en esta especie que si bien las semillas se imbibieron, a salinidades más altas no hubo germinación.

Las soluciones de NaCl ejercen un efecto combinado; por un lado, se produce el efecto osmótico debido a la disminución del potencial hídrico del medio, que crea estrés en la semilla o plántula. Por otro lado, se crea un efecto iónico por la entrada y/o acumulación de iones en la semilla que causa toxicidad (Dodd y Donovan; citados por Ruiz y Terenti, 2012).

Varios autores señalan en diversos ensayos la mayor capacidad germinativa final de *Agropyron elongatum* medida a más de catorce días desde la siembra, en relación a algunas de las especies aquí evaluadas (Priano y Pilatti, 1989; Ruiz y Terenti, 2012; Borrajo *et al*, 2004; Beatriz *et al*, 2008), en el presente ensayo los resultados respaldarían estas conclusiones ya que se pudo observar la tendencia del agropiro a seguir germinando aunque a menor tasa hacia el final del experimento y alcanzar una mayor germinación final respecto de las demás especies; Martín (1997) también pudo comprobar disminución de la velocidad de germinación en condiciones salinas. Bazzigalupi *et al* (2008) observó en diferentes poblaciones de agropiro la disminución y velocidades mayores de germinación que las descritas aquí, en semillas tratadas con las soluciones de NaCl (6, 12 y 18 dS/m), estas diferencias podrían deberse al incremento más o menos constante de la salinidad en el presente ensayo debido al tratamiento de riego.

Diferentes resultados pueden encontrarse en la bibliografía, así, a diferencia del presente trabajo, Priano y Pilatti ensayando con *Agropyron elongatum*, *Chloris gayana* y *Melilotus albus*, con sales sulfatadas-sódicas reportaron a *Chloris gayana* como más sensible en la etapa de germinación respecto de *Melilotus albus*, además Bertram *et al* (2012?) cita a NaCl como la sal de mayor toxicidad para *Chloris gayana* en relación a los sulfatos, y contrariamente a esto, en el ensayo *Chloris gayana* se comportó como más tolerante tanto en velocidad como en germinación final que *Melilotus albus* usando soluciones de NaCl, esto podría deberse al mejoramiento genético en variedades comerciales de *Chloris gayana* para tolerar condiciones salinas como lo es la variedad “Top Cut” que fue utilizada. También estas diferencias podrían deberse a que algunas sales inhiben la germinación más que otras al mismo nivel de estrés

osmótico, debido a un efecto de toxicidad propio de cada ión (Ungar, 1978), entonces las diferencias podrían deberse al tipo de sal utilizada y la especie (Läuchli y Grattan, 2007); así por ejemplo González (2007) y Ruiz y Terenti (2011) demostraron que las sales de sulfato resultaron notoriamente más perjudiciales que las sales de cloruro en *Agropyron elongatum*.

Se ha demostrado que con conductividades superiores a los 4 dS/m en extracto de saturación (1 dS/m en una dilución 1:2,5) la germinación de *Chloris gayana* puede verse sensiblemente comprometida (Bertram y Chiacchera, 2011), pero ese valor corresponde a saturación, en la práctica representa un tenor salino 1,5 a 4 veces inferior a la de un suelo a capacidad de campo y punto de marchitez permanente (Priano y Pilatti, 1989; Bertram *et al* 2011) por lo tanto sería equivalente a 10 dS/m aproximadamente, teniendo en consideración esta observación, los resultados obtenidos aquí se corresponderían con los reportados por estos autores. Resultados similares en la reducción de la germinación y velocidad de germinación en genotipos de *Chloris gayana* fueron reportados por Taleisnik *et al* (1997) donde ésta se hizo significativa a partir de 100 mM NaCl, nivel que estaría cercano a 10 dS/m (Bazzigalupi *et al*, 2008).

Las diferencias respecto de otros autores en *Chloris gayana* podrían deberse también por variaciones generadas por el tratamiento en la semilla (deglumado) en este experimento, así Bertram y Chiacchera (2012) señalan que observaron menor germinación en semillas que fueron peleteadas luego de ser desglumadas y las que solo fueron peleteadas respecto de las naturales (semilla envuelta por glumas).

Trabajando con *Chloris virgata*, Zhang *et al* (2011) encontró que a 150 mM de NaCl equivalentes a 16,61 dS/m (Laboratorio de suelos, 2013; Nutriterra, 2013), las semillas alcanzaron un 70-90 % de germinación. Estas diferencias podrían deberse a que el efecto tóxico de los iones es dependiente también de la especie vegetal como citan Läuchli y Grattan (2007).

Un efecto observado en *Agropyron elongatum* en salinidades de 2 a 6 dS/m, fue un aumento de la germinación y/o velocidad de germinación respecto del testigo, pareciera ser que el contenido salino de la solución presentó un efecto sinérgico en esta especie. Muchas halófitas presentan un óptimo de crecimiento en salinidades de entre 50 y 200 mM.litro-1, equivalentes a 5,46 dS/m y 22,15 dS/m (Laboratorio de suelos, 2013; Nutriterra, 2013), con decremento del crecimiento a menores y mayores concentraciones (Pessarakli, 2001). Estos efectos también fueron descritos en otras especies por Ramírez *et al* (1999) y Carter *et al* (2005; citado por Läuchli y Grattan (2007)).

Así como Ramírez y Rotondo (1999) pudieron ver, también en el experimento se observó afectación por hongos en las salinidades más altas donde la germinación se retardó. Diversos microorganismos patógenos fueron reportados por Astiz Gasso (2010) y Chaluat y Perris (1994) en semillas de *Melilotus albus*, *Lotus tenuis* y *Chloris gayana* (*Aspergillus*, *Fusarium*, *Colletotrichum*, *Penicillium*, *Phoma*, *Dreschlera*) los cuales atacan las semillas afectando el poder germinativo. Por lo tanto se debería tener en cuenta que en el retardo de la germinación por salinidad las semillas pueden disminuir su capacidad germinativa debido a factores bióticos (Läuchli y Grattan, 2007).

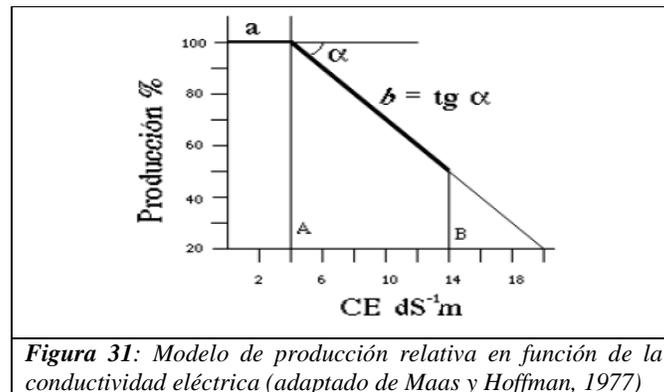
Las cuatro especies redujeron tanto su velocidad como su germinación total, si bien presentaron distintos niveles de salinidad partir de la cual la disminución de los parámetros medidos se hacía de significación. Estas respuestas diferenciadas han sido explicadas por Maas y Hofman (1977; citados por González Romero, 2009) a través de un modelo planar-lineal de producción:

$$Y = 100 - b (CEs - a)$$

Donde Y: producción del cultivo respecto de su máximo, b y a son parámetros propios de cada cultivo y CEs es la conductividad eléctrica a saturación.

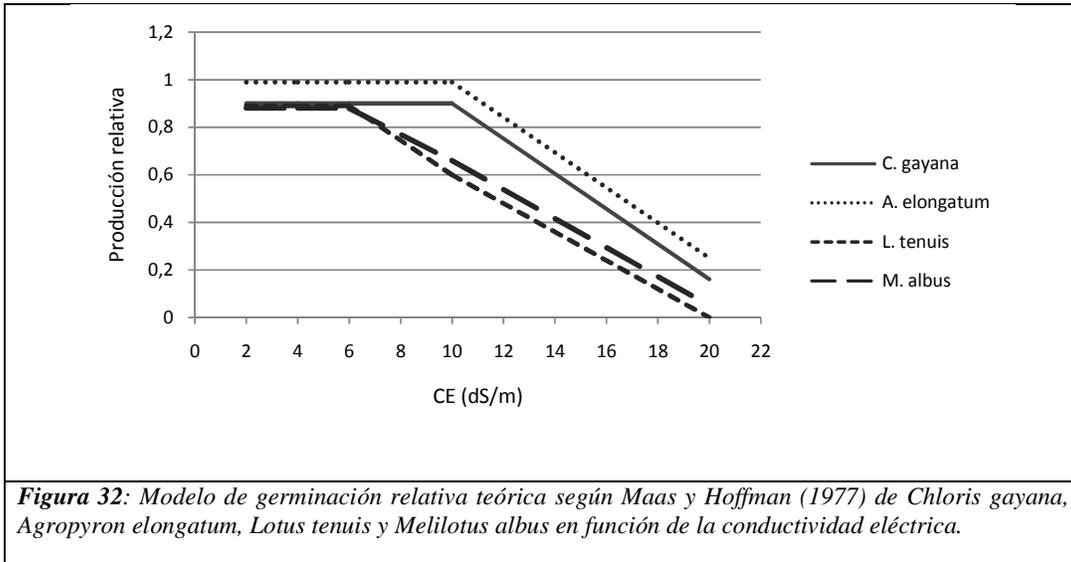
a; representa el rango donde una especie no presenta reducción de su producción y define el umbral.

b; expresa el porcentaje de reducción de la producción por unidad de CE a partir del umbral.



Si se analizan las respuestas desde esta función, rápidamente se podría afirmar que referido al índice de germinación relativo fue *Agropyron elongatum* el que presentaría un umbral de tolerancia “a” en 10 dS/m y un valor del parámetro “b” en valores absolutos similar

al de *Chloris gayana*, que presentaría valor de “a” a 10 dS/m. *Lotus tenuis* y *Melilotus albus* presentarían un valor umbral “a” a 6 dS/m solo que *Melilotus albus* presentaría un valor de parámetro “b” menor, donde demostraría su mayor tolerancia al aumento de la salinidad.



Finalmente, teniendo en cuenta el estudio hecho por Cisneros *et al* (1999) en ambientes del sureste de Córdoba, en cuanto a la salinidad que pueden desarrollar los suelos con vinculación capilar a una napa salina, se podría inferir de acuerdo a los resultados aquí obtenidos el tipo de especie que tendría capacidad de germinar efectivamente en esos ambientes. Así para situaciones tipo, de suelos con napa cercana y mayor tenor salino como los que observaron estos autores (e. g. 10 dS/m) *Agropyron elongatum* y *Chloris gayana* tendrían mayores posibilidades de establecerse tanto por su mayor tolerancia como por la forma de su sistema radical homorrizo (Taleisnik *et al*, 1997). Zamolinski (2000) pudo determinar a campo que cuando la conductividad eléctrica se aproxima a 8 dS/m, la vegetación presenta menor desarrollo y modificaciones en la composición florística (solo aparecen especies tolerantes), a partir de este indicador se podría establecer un límite ambiental para *Lotus tenuis* y *Melilotus albus*; cuando la CE es mayor a 14 dS/m se inhibe el desarrollo de las plantas y aparecen manchones desnudos de suelo. Eflorescencias salinas en superficie indican una salinidad que excede los 20 dS/m.

## VII. CONCLUSIÓN

Hubo disminución en la capacidad germinativa y la velocidad de germinación al aumentar la conductividad eléctrica de las soluciones utilizadas para el riego de las semillas.

Las gramíneas presentaron mayor tolerancia a la salinidad en la etapa de germinación que las leguminosas evaluadas.

De las cuatro especies, *Agropyron elongatum* fue la que mejor tolerancia a la salinidad presentó mientras que *Chloris gayana* presentó la mayor velocidad de germinación.

Existen niveles de salinidad en donde estas especies expresan una respuesta óptima de germinación y velocidad de germinación, como fue el caso de *Agropyron elongatum* en salinidades de 2 a 6 dS/m.

Para sitios con salinidades superficiales entre 0 y 6 dS/m todas las especies muestran alta capacidad de germinación, para sitios con salinidades por encima de 10 dS/m sólo agropiro y grama tendrían germinaciones aceptables y para sitios con salinidades mayores a 20 dS/m sólo se obtendrían niveles de germinación muy bajos de agropiro y grama .

Los resultados obtenidos permiten tener una herramienta más para la toma de decisión a la hora de elegir una forrajera para suelos salinizados. Así realizar la elección de cada especie y ajustar su densidad con el fin de obtener un stand de plantas en tiempo y forma y maximizar la producción del sitio.

## VIII. FINANCIACION

Trabajo final financiado por fondos del Proyecto de Ordenamiento de las Cuencas de Río Cuarto y Arroyos Menores; Modelación de Escenarios y Evaluación Multicriterio, con fondos de Secretaria de Ciencia y Técnica de la Universidad Nacional de Río Cuarto. Director: José Manuel Cisneros, y Del Programa PID “Bases ambientales para el ordenamiento territorial del espacio rural de Córdoba” con fondos de MINCYT Nación (FONCYT) y MINCYT Córdoba.

## IX. BIBLIOGRAFIA

ARAGÓN, M. 2012. *Análisis de los resultados de la producción forrajera en campos naturales en el área de Verónica, Cuenca del Salado, Buenos Aires, medidos a través de la biomasa para su aprovechamiento en rodeos de cría [en línea]*. Trabajo Final de Ingeniería en Producción Agropecuaria. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Católica Argentina.

Disponible en: <http://bibliotecadigital.uca.edu.ar/repositorio/tesis/analisis-resultados-produccion-forrajera-veronica.pdf>

ASTIZ GASSO, M. M. 2010. *Patología de semillas de leguminosas forrajeras. Pathology of seeds of leguminous*. Instituto Fitotécnico de Sta. Catalina, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales UNLP, Jornadas de Mejoramiento Genético de Forrajeras. 9 y 10 de septiembre. Facultad de ciencias agrarias y forestales Universidad nacional de la plata. Pag 131.

AYERS, A.D. 1950. *Seed germination as affected of Soil Moisture and salinity*. Agronomy Journal 44. 82-84.

BAZZIGALUPI, O.; S. PISTORALE y A. ANDRÉS. 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.

BEATRIZ, M.; O. SOSA, G. ZERPA, M. A. ACEBAL y G. MAGRA. 2008. *Características de una pastura en implantación en sectores con diferencias microaltimétricas en un área deprimida*. Facultad de Ciencias Agropecuarias – UNER. Revista Científica Agropecuaria 12(1): 25-33

BERNARDO, I.; E. BONADEO; I. MORENO; M. BONGIOVANNI y R. MARZARI. 2010. *Sistema Suelo-Planta*. Universidad Nacional de Río Cuarto, Córdoba, Argentina. Libro de apuntes de apoyo a la Docencia, Cap. 10, pag. 121.

BERTRAM, N. y S. CHIACCHIERA. 2011. *Los ambientes no agrícolas de la Región Centro y la potencialidad forrajera*. INTA Marcos Juárez. Sitio argentino de producción animal. Consultado el 10-5-2012. Disponible en: [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_pasturas/suelos\\_salinos/06-forrajerascentro.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/suelos_salinos/06-forrajerascentro.pdf)

BERTRAM, N.A.; S. CHIACCHIERA; B. AIMETTA. 2011. *Implantación y establecimiento temprano de Grama Rhodes*. AAPRESID. 7 p.

BERTRAM, N. A. Y CHIACCHIERA S. 2012. *Suplemento Ganadero*. Revista Márgenes Agropecuarios. Pp: 30-31.

BERNSTEIN, L. y A. AYERS. 1953. *Salt tolerance of five varieties of carrots*. Proceedings of American Society for Horticultural Sciences 61:360-366.

BERTI, R. N. y CANDOTTI J. J. 2012. *Empleo de Melilotus alba desr. var. annua CEO en sistemas de producción de carne y leche en la región chaqueña*. INTA-EEA Salta. Pp: 1-6.

BEWLEY, J.D y M. BLACK. 1994. *Seeds: Physiology of development and germination*. 2nd edition. New York: Plenum.

BORRAJO, C. I. y S. I. ALONSO. 2004. *Germinación, emergencia e implantación de variedades experimentales de agropiro alargado*. Revista Argentina de Producción Animal. Vol 2, N° 1-2: 29-40.

BRADFORD, K.J. 1995. *Water realations in seed germination. Seed development and dermination*. Marcel Dekker Inc. NY, USA. Páginas 351-396.

CANTERO, G. A; M. P. CANTÚ.; J. M. CISNEROS; J. J. CANTERO; M. BLASARÍN; A. DEGIOANNI; J. GONZÁLES; V. BECERRA; H. GIL; J. DE PRADA; S. DEGIOVANNI; C. CHOLAKY; M. VILLEGAS; A. CABRERA; C. ERIC. 1998. *Las Tierras y Aguas del Sur de Córdoba. Propuestas para un manejo sustentable*. Editorial UNRC. Río Cuarto. (1): 15-19.

CASALLA, H.; G. TROPEANO; L. ENTIO; M. L. BRAVO; Y. YALUNGO; V. IXTAINA; M. M. MUJICA. 2010. *Variabilidad entre poblaciones en la pérdida del estado de dureza de semillas de Lotus tenuis durante el almacenamiento*. Jornadas de Mejoramiento Genético de Forrajeras. 9 y 10 de septiembre. Facultad de ciencias agrarias y forestales Universidad nacional de La Plata. Pag 167.

b- CASALLA, H.; G. TROPEANO; L. ENTIO; M. L. BRAVO; Y. YALUNGO; M. M. MUJICA. 2010. *Efecto de la conservación de semilla escarificada de Lotus tenuis sobre la germinación*. Jornadas de Mejoramiento Genético de Forrajeras. 9 y 10 de septiembre. Facultad de ciencias agrarias y forestales Universidad nacional de La Plata. Pag 165.

CHALUAT, M. M. y S. PERRIS. 1994. *Hongos patógenos en semillas de especies forrajeras tropicales*. Nota de Investigación. Pasturas Tropicales. Volumen 16, N° 1. 41-44.

CHÁVEZ, L.; L. GONZÁLEZ y M. RAMÍREZ, R. 2002. *Efecto de la salinidad sobre la absorción de agua por las semillas de Vigna unguiculata (L) y su relación con la tolerancia varietal alimentaria*. Vol. 339, p. 99-102.

CISNEROS, J. M.; J. J. CANTERO; A. CANTERO. 1999. *Vegetation, soil hydrophysical properties, and grazing relationships in saline-sodic soils of Central Argentina*. Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto. 399-409.

CISNEROS, J. M.; A. DEGIOANNI; J. J. CANTERO; A. CANTERO. 2006. *Characterization of saline-sodic soils in Argentine Pampas*. Departamento de Ecología Agraria, Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto. Volumen 1: 58-59.

DI-RIENZO, J. A.; M. G. BALZARINI; L. GONZALEZ; M. TABLADA; W. GUZMÁN; C. ROBLEDO; F. CASANOVES. 2002. *Infostat*. Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, Argentina.

DUHALDE, J.; A. PEREA; J. MASSIGOGE; M. JENSEN; D. INTASCHI. 2011. *Implantación y producción de forrajeras megatérmicas en el sur bonaerense*. INTA- EEA Barrow. 1-4.

ESCARAYA, F.; A. MENENDEZ; A. GÁRRIZA; F. PIECKENSTAINA; M. J. ESTRELLA; L. CASTAGNOA; P. CARRASCO; J. SANJUÁN; O. RUIZ. 2010. *Plant Science* XXX. PSL-8408. 13 pag.

GARCÍA, M. G.; C. A. BUSSO; P. POLCI; N. L. GARCÍA GIROU; V. ECHENIQUE. 2002. *Water relations and leaf growth rate of three Agropyron genotypes under water stress*. Departamento de Agronomía y CERZOS (CONICET), Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina. ISSN 0327 - 9545, 26(3): 309-317

GARCÍA, A. y M. C. GONZÁLES. 1997. *Detección de posibles marcadores morfológicos para la selección temprana de genotipos de arroz tolerantes a la salinidad*. *Cultivos Tropicales* 18 (3): 87-90.

GONZÁLEZ, L. M. y R. RAMÍREZ. 1999. *La absorción de agua por las semillas de arroz a altas concentraciones salinas, como posible indicador de la tolerancia varietal*. *Cultivos Tropicales*, vol. 20, no. 1, p. 31-34.

GONZÁLEZ, D. P. 2007. *Tolerancia al estrés salino del vinal (Prosopis ruscifolia): germinación, crecimiento y ajuste osmótico*. Trabajo Final. Universidad Nacional de Santiago del Estero – UNSE. Facultad de Ciencias Forestales – FCF. 36 p.

GONZÁLEZ, L.M.; R. RAMÍREZ y R. LÓPEZ. 1999. *Afectaciones por salinidad en plántulas de Centrosema pubescens y Stylosanthes guianensis*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias "Jorge Dimitrov". Pastos y Forrajes Vol. 22, No. 2, pag. 115.

GONZALEZ ROMERO, S. L. 2009. *Germinación de diferentes cultivos en condiciones de salinidad cuantitativa y cualitativa*. Tesis de Doctorado. Colegio de postgraduados. Institución de enseñanza e investigación en ciencias agrícolas. Montecillo, Texcoco, México. 194 pp.

INTA, UNRC. CONVENIO UNRC-INTA. 1991. *Recuperación de la productividad de un pastizal degradado con Agropiro Alargado (Agropyron elongatum)*. Información técnica n° 8. Río Cuarto, Argentina.

ISTA. THE INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION. 2008. *International Rules for Seed Testing*. PO Box 308, CH-8303, Bassersdorf, Switzerland. ISBN-10 3-906549-38-0

IXTAINA, V. Y. y M. M. MUJICA. 2004. *Variabilidad en la tolerancia a la salinidad en genotipos de Lotus glaber Mill. seleccionados In Situ en una depresión salina de la Pampa Deprimida Bonaerense (Argentina)*. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Buenos Aires (Argentina). Pastos, XXXIV (1), 79-91.

JOBÁGY, E. G.; M. D. NOSETTO; S. DE FORTALEZA; G. A. SZNAIDER. 2008. *Control de la recarga, descarga, y salinidad de la napa freática por cultivos en el Sur de Córdoba*. XXI CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO. Pag. 74.

LABORATORIO DE SUELOS. 2013. *Tablas de conversión*. Escuela de Geociencias, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. 4 pp.

LAYNEZ-GARSABALL, J. A.; J. R. MÉNDEZ-NATERA; J. MAYZ-FIGUEROA. 2008 *Efecto de la salinidad y del tamaño de la semilla sobre la germinación y crecimiento de plántulas de maíz (zea mays l.) bajo condiciones de laboratorio*. TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas, 11(1):17-25

LÄUCHLI, A. y S.R. GRATTAN. 2007. *Plant growth and development under Salinity stress*. Department of Land, Air and Water Resources, University of California, USA. 1-32.

LAVADO, R. S. y M. A. TABOADA. 2009. *Los procesos de salinización globales y específicos de la pampa húmeda*. Resúmenes Primer Congreso de la Red Argentina de Salinidad. pp 11.

LÓPEZ COLOMBA, E. 2011. *Inducción de variabilidad genética para tolerancia a estreses abióticos mediante técnicas de cultivo in vitro en Cenchrus ciliaris L.* Tesis Master. Curso Máster Universitario en Biotecnología de Plantas. Universidad Internacional de Andalucía, España. ISBN 978-84-694-8912-3

MARTÍN, B.; O. SOSA; G. ZERPA; M. A. ACEBAL; G. MAGRA. 2008. *Características de una pastura en implantación en sectores con diferencias microaltimétricas en un área deprimida*. Facultad de Ciencias Agropecuarias – UNER. Revista Científica Agropecuaria 12 (1): 25-33

MARTÍN, G. 2010. *Pasturas cultivadas para el NOA: Grama Rhodes*. Producir XXI, Bs. As., 18(219):48-52.

MARTIN, F. 1997. *Tolerancia al NaCl en Elytrigia scabrifolia y E. scabriglumis durante la germinación y el crecimiento de las plántulas*. Trabajo De Graduación. Facultad de Ciencias Agrarias, UNMP, Mar del Plata, Argentina.

MARTÍNEZ, A. 1999. *Efecto de la temperatura y del contenido de agua del suelo en la germinación y crecimiento inicial en dos cultivares de maíz (Zea mays L.) con diferentes contenidos de humedad inicial en las semillas*. Tesis de Master en Ciencias, Universidad de Oriente, Monagas, Venezuela.

MAAS, E.V. y G.H. HOFFMAN. 1977. *Crop salt tolerance current assessment*. Journal of Irrigation and Drainage Division 103:115-134.

MÉNDEZ, N.; P. IBARRA y P. MERAZO. 2002. *Germinación de semillas y desarrollo de plántulas de tres híbridos de maíz (Zea mays L.) bajo soluciones osmóticas II. Sulfato de sodio*. VI Festival del Maíz y VI Jornada Científica Nacional del Maíz. Venezuela.

MIÑÓN, D.; G. SEVILLA; L. MONTES; O. FERNÁNDEZ. 1990. *Lotus tenuis: leguminosa forrajera para la Pampa Deprimida*. Boletín técnico n° 98. EEA-INTA Balcarce.

MONTICO, S. 2007. *Principios para el manejo de situaciones con suelos salinos y alcalinos*. Cátedra de Manejo de Tierras, Facultad de Ciencias Agrarias, UNR. Agromensajes n° 19. Consultado el 10 de junio de 2011, Disponible en: <http://rephip.unr.edu.ar/handle/2133/537>

NATIONAL BIOLOGICAL INFORMATION INFRASTRUCTURE (NBII) y IUCN/SSC INVASIVE SPECIES SPECIALIST GROUP (ISSG). 2007. *Melilotus alba*. Disponible en: <http://www.issg.org/database/species/ecology.asp?si=1170&fr=1&sts=>. Consultado el 28 de Junio de 2012.

NOSETTO, M. D.; E. G. JOBBÁGY; R. B. JACKSON; G. A. SZNAIDER. 2009. *Reciprocal influence of crops and shallow ground water in sandy landscapes of the Inland Pampas*. Field Crops Research 113:138-148.

NUTRITERRA. 2013. *Varios conceptos de Salinidad*. Nutriterra. Consultado el 7 de Octubre de 2013. Disponible en: [http://www.nutriterra.com/doc/varios\\_salinidad.pdf](http://www.nutriterra.com/doc/varios_salinidad.pdf)

OCHOA, M. A. 1994. *Producción de forrajes en suelos salinos*. INTA Rama Caída. Consultado el 11 de junio de 2011. Disponible en: <http://www.inta.gov.ar/ramacaida/info/documentos/bovinos/prodforr.htm>

PASTERNAK, D.M.; M. TWERSKY; Y. DE MALACH. 1979. *Salt resistance in agricultural crops*. In: *Stress physiology in crop plants*. (eds H. Mussell and R.C. Staples). Pp 127–142. Wiley, New York.

PEINEMANN, N.; G. GUGGENBERGERB; W. ZECH. 2003. *Soil organic matter and its lignin component in surface horizons of salt-affected soils of the Argentinian Pampa*. Catena 60: 113-128.

PESSARAKLI, M. 2001. *Handbook of Plant and Crop Physiology*. University of Arizona. Marcel Dekker Inc. ISBN 0-8247-0546-7. 615-634.

PEREZ, H. E. 2011. *Implantación y manejo de especies tropicales en ambientes salinos*. Seminario Nacional de Ganados y Carnes. EEA-INTA Manfredi. 41 p.

PORTA, C.; R. LÓPEZ-ACEVEDO y L. DE ROQUERO. 1999. *Edafología*. Mundi-Prensa, Madrid, p454; 657-705

PRIANO, L. J. y M. A. PILATTI. 1989. *Tolerancia a la salinidad de forrajeras cultivadas*. Cátedra de edafología, facultad de agronomía y veterinaria, Universidad Nacional del Litoral, Santa Fé, Argentina. Ciencia del Suelo, Volumen 7, N° 1-2. 113-116.

RAMÍREZ, R.; L. M. GONZÁLEZ y J. ROTONDO. 1999. *Afectaciones por salinidad en plántulas de Centrosema pubescens y Stylosanthes guianensis*. Pastos y Forrajes Vol. 22, No. 2, 115-121.

ROCCO, R.A.; R. C. PAZ; O. FERNANDEZ; N.O. MACEIRA; F. L. PIECKENSTAIN; O. A. RUIZ . 2010. *Respuesta de Lotus tenuis al estrés alcalino bajo condiciones de laboratorio y microcosmos*. Jornadas de Mejoramiento Genético de Forrajeras. 9 y 10 de septiembre. Facultad de ciencias agrarias y forestales Universidad nacional de la plata. Pag 164.

ROSSI, C. A.; R. PÉREZ y J. OTONDO. 2000. *Mejoramientos de la condición forrajera en bajos alcalinos sódicos con especies subtropicales en la Cuenca del Salado*. Universidad Nacional de Lomas de Zamora y EEA INTA Cuenca del Salado, Pcia.de Buenos Aires, Argentina. pp 1-8

ROSSO, B.; A. ANDRÉS; M. A. MACIEL; M. FRANCO. 2011. *Efecto de la salinidad sobre la germinación de semillas de Lotus tenuis*. XXIV Congreso de Producción Animal, Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina. Pp1.

RUIZ, O. 2012. *Nuevo forraje produciría más calidad y cantidad de Vacunos*. Instituto Tecnológico de Chascomús. Universidad Nacional de San Martín. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. Disponible en: <http://www.iib.unsam.edu.ar/web/noticias.php?nota=33>. Consultado el 28 de Junio de 2012.

RUIZ, M. y O. TARENTI. 2012. *Germinación de cuatro pastos bajo condiciones de estrés salino*. Revista Internacional de Botánica Experimental. Fundación Rómulo Raggio. ISSN 0031 9457, 81: 169-176.

SANDERSON, M. A.; D. W. STAIR; M. A. HUSSEY. 1997. *Physiological and morphological responses of perennial forages to stress*. Advances in Agronomy. Vol 59, pag. 200.

SCANLON, B. R.; R. C. REEDY; D. A. STONESTROM; D. E. PRUDIC; K. F. DENNEHY. 2005. *Impact of land use and land cover change on groundwater recharge and quality in the southwestern U.S.* Global Change Biology 11:1577-1593.

TALEISNIK, E.; G. PEYRANO y C. ARIAS. 1997. *Response of Chloris gayana cultivars to salinity. I. Germination and early vegetative growth.* Instituto de Fitopatología y Fisiología Vegetal (IFFIVE), INTA, Córdoba, Argentina. Tropical Grasslands, Volume 31, 232-240.

TERÁN, S. S. 2010. *Pasturas para ganado vacuno.* Informe de economía y producción. Cámara de Diputados de la Provincia de Salta.

TERÁN, S. S. 2012. *Pasturas para ganado vacuno.* Economía y Producción. Provincia de Salta. Consultado el 1 de Julio de 2012. Disponible en: <http://www.economiadesalta.gov.ar/pasturas.htm>

TROPEANO, G.; L. ENTIO; M.M. MUJICA. 2010. *Variability in germination among Lotus tenuis natural populations.* Jornadas de Mejoramiento Genético de Forrajeras. 9 y 10 de Setiembre. Facultad de ciencias agrarias y forestales. Universidad Nacional de La Plata. pag 153.

UNGAR, I.A. 1978. *Halophyte seed germination.* Botanical Review 44: 233-264.

VARELA, G. 2011. *La Grama Rhodes como recuperadora de suelos salino sódicos.* Cuenca Rural. Consultado el 13 de junio de 2011. Disponible en: <http://www.agroads.com.ar/noticias/story.php?title=la-grama-rhodes-como-recuperadora-de-suelos-salino-sodic>

VERNET, E. 2003. *Manual de Consulta Agropecuario.* 1<sup>ra</sup> Edición, Ed. Gráfica Guadalupe, Buenos Aires, Argentina. 304p.

WEIR, E. 2000. *Manual de técnicas de manejo de campos afectados por inundaciones,* pp 7-8.

WELBAUM, G.E. y K.J. BRADFORD. 1988. *Water Relations of Seed Development and Germination in Muskmelon (Cucumis melo L.). I. Water relations of seed and fruit development.* Plant Physiology 86: 406-411.

WONG, R. 2002. *Efecto de cinco potenciales osmóticos creados con NaCl y sacarosa comercial sobre la germinación de las semillas y desarrollo inicial de las plántulas de tres híbridos de maíz (Zea mays L.)*. Tesis Ingeniero Agrónomo, Universidad de Oriente, Monagas, Venezuela.

ZAMOLINSKI, A. F. 2000. *Experiencia en recuperación de suelos salinizados*. Publicación Técnica N° 31. Área De Investigación, EEA General Villegas, INTA. ISSN- 0326-5803.

ZHANG, H.; L.J. IRVING; Y. TIAN; D. ZHOU. 2011. *Influence of salinity and temperature on seed germination rate and the hydrotime model parameters for the halophyte, Chloris virgata, and the glycophyte, Digitaria sanguinalis*. South African Journal of Botany 78 (2012) 203–210

ZULOAGA, F.O. y O. MORRONE. 1999. *Catálogo de las plantas vasculares de la República Argentina*. Missouri Botanical Garden Press. Disponible en: [http://es.wikipedia.org/wiki/Melilotus\\_albus](http://es.wikipedia.org/wiki/Melilotus_albus). Consultado el 28 de Junio de 2012.

## X. ANEXO

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
GERMINACION	30	0,95	0,94	13,31

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	6153,20	5	1230,64	84,87	<0,0001
SALINIDAD	6153,20	5	1230,64	84,87	<0,0001
Error	348,00	24	14,50		
Total	6501,20	29			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=4,97053

Error: 14,5000 gl: 24

SALINIDAD	Medias	n	E.E.	
2	39,80	5	1,70	A
0	39,40	5	1,70	A
4	36,00	5	1,70	A
6	35,80	5	1,70	A
10	20,60	5	1,70	B
20	0,00	5	1,70	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

Tabla 15: Análisis de la varianza y test de medias LSD Fisher para la germinación final de *Lotus tenuis*.

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
GERMINACION	30	0,98	0,98	6,63

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	6906,67	5	1381,33	279,06	<0,0001
SALINIDAD	6906,67	5	1381,33	279,06	<0,0001
Error	118,80	24	4,95		
Total	7025,47	29			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=2,90416

Error: 4,9500 gl: 24

SALINIDAD	Medias	n	E.E.	
0,00	46,20	5	0,99	A
2,00	41,80	5	0,99	B
4,00	40,80	5	0,99	B C
6,00	38,80	5	0,99	C
10,00	32,80	5	0,99	D
20,00	0,80	5	0,99	E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

Tabla 16: Análisis de la varianza y test de medias LSD Fisher para la germinación final de *Melilotus albus*

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
GERMINACION	30	0,97	0,97	6,68

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	4432,40	5	886,48	167,79	<0,0001
SALINIDAD	4432,40	5	886,48	167,79	<0,0001
Error	126,80	24	5,28		
Total	4559,20	29			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=3,00035

Error: 5,2833 gl: 24

SALINIDAD	Medias	n	E.E.
2,00	42,00	5	1,03 A
0,00	41,20	5	1,03 A B
6,00	39,20	5	1,03 A B
4,00	38,40	5	1,03 B
10,00	38,20	5	1,03 B
20,00	7,40	5	1,03 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

Tabla 17: Análisis de la varianza y test de medias LSD Fisher para la germinación final de *Chloris gayana*.

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
GERMINACION	30	0,94	0,93	9,15

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	4052,00	5	810,40	78,17	<0,0001
SALINIDAD	4052,00	5	810,40	78,17	<0,0001
Error	248,80	24	10,37		
Total	4300,80	29			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=4,20279

Error: 10,3667 gl: 24

SALINIDAD	Medias	n	E.E.
2,00	44,40	5	1,44 A
4,00	42,20	5	1,44 A B
6,00	40,60	5	1,44 A B
0,00	39,80	5	1,44 B
10,00	34,00	5	1,44 C
20,00	10,20	5	1,44 D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

Tabla 18: Análisis de la varianza y test de medias LSD Fisher para la germinación final de *Agropyron elongatum*.

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
INDICE GERMINACION	100	0,96	0,96	9,83

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	11,91	19	0,63	115,04	<0,0001
ESPECIE	0,69	3	0,23	42,13	<0,0001
SALINIDAD	10,91	4	2,73	500,55	<0,0001
ESPECIE+SALINIDAD	0,31	12	0,03	4,76	<0,0001
Error	0,44	80	0,01		
Total	12,35	99			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=0,0431

Error: 0,0055 gl: 80

ESPECIE	Medias	n	E.E.	
AGROPIRO	0,86	25	0,01	A
GRAMA	0,80	25	0,01	B
LOTUS	0,67	25	0,01	C
MELILOTUS	0,67	25	0,01	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p< 0,05)

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=0,0482

Error: 0,0055 gl: 80

SALINIDAD	Medias	n	E.E.	
2,00	1,01	20	0,02	A
4,00	0,95	20	0,02	B
6,00	0,93	20	0,02	B
10,00	0,75	20	0,02	C
20,00	0,11	20	0,02	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p< 0,05)

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=0,1015

Error: 0,0055 gl: 80

ESPECIE	SALINIDAD	Medias	n	E.E.	
AGROPIRO	2,00	1,12	5	0,03	A
AGROPIRO	4,00	1,06	5	0,03	A
AGROPIRO	6,00	1,02	5	0,03	A
GRAMA	2,00	1,02	5	0,03	A
LOTUS	2,00	1,01	5	0,03	A
GRAMA	6,00	0,95	5	0,03	B
GRAMA	4,00	0,93	5	0,03	B
GRAMA	10,00	0,93	5	0,03	B
LOTUS	4,00	0,91	5	0,03	B
LOTUS	6,00	0,91	5	0,03	B
MELILOTUS	2,00	0,90	5	0,03	B
MELILOTUS	4,00	0,88	5	0,03	B
AGROPIRO	10,00	0,85	5	0,03	B
MELILOTUS	6,00	0,84	5	0,03	B
MELILOTUS	10,00	0,71	5	0,03	C
LOTUS	10,00	0,52	5	0,03	D
AGROPIRO	20,00	0,26	5	0,03	E
GRAMA	20,00	0,18	5	0,03	E
MELILOTUS	20,00	0,02	5	0,03	F
LOTUS	20,00	0,00	5	0,03	F

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p< 0,05)

Tabla 19: Análisis de la varianza de arreglo factorial y test de medias DGC para el índice de germinación final de *Agropyron elongatum*, *Chloris gayana*, *melilotus albus* y *Lotus tenuis*.

Nueva tabla: 04/12/2013 - 08:01:29 a.m.

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
IV RELATIVO	100	0,96	0,95	11,65

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	12,25	19	0,64	98,88	<0,0001
SALINIDAD	11,08	4	2,77	424,72	<0,0001
ESPECIE	0,39	3	0,13	20,18	<0,0001
SALINIDAD*ESPECIE	0,78	12	0,06	9,94	<0,0001
Error	0,52	80	0,01		
Total	12,77	99			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=0,0527

Error: 0,0065 gl: 80

SALINIDAD	Medias	n	E.E.	
2,00	0,99	20	0,02	A
4,00	0,92	20	0,02	B
6,00	0,88	20	0,02	B
10,00	0,59	20	0,02	C
20,00	0,08	20	0,02	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=0,0472

Error: 0,0065 gl: 80

ESPECIE	Medias	n	E.E.	
GRAMA	0,80	25	0,02	A
AGROPIRO	0,69	25	0,02	B
MELILOTUS	0,65	25	0,02	B
LOTUS	0,64	25	0,02	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=0,1110

Error: 0,0065 gl: 80

SALINIDAD	ESPECIE	Medias	n	E.E.	
2,00	LOTUS	1,04	5	0,04	A
2,00	GRAMA	0,99	5	0,04	A
2,00	AGROPIRO	0,99	5	0,04	A
4,00	AGROPIRO	0,97	5	0,04	A
6,00	GRAMA	0,96	5	0,04	A
4,00	GRAMA	0,94	5	0,04	A
10,00	GRAMA	0,94	5	0,04	A
2,00	MELILOTUS	0,93	5	0,04	A
6,00	AGROPIRO	0,90	5	0,04	A
4,00	MELILOTUS	0,89	5	0,04	A
4,00	LOTUS	0,88	5	0,04	A
6,00	LOTUS	0,86	5	0,04	A
6,00	MELILOTUS	0,80	5	0,04	A
10,00	MELILOTUS	0,62	5	0,04	B
10,00	AGROPIRO	0,42	5	0,04	C
10,00	LOTUS	0,40	5	0,04	C
20,00	AGROPIRO	0,17	5	0,04	D
20,00	GRAMA	0,15	5	0,04	D
20,00	MELILOTUS	0,01	5	0,04	E
20,00	LOTUS	0,00	5	0,04	E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

Tabla 20: Análisis de la varianza de arreglo factorial y test de medias DGC para el índice de velocidad relativo de *Agropyron elongatum*, *Chloris gayana*, *melilotus albus* y *Lotus tenuis*.

Fe de errata: Debido a la imposibilidad de modificar el formato de leyenda en los gráficos de Excel, en las figuras 5, 6, 11, 12, 17, 18, 23 y 24, donde está escrito DS/m, léase dS/m.