

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



Trabajo Final presentado para optar al Grado de Ingeniero Agrónomo  
Modalidad: Práctica Profesional

**PRÁCTICA PROFESIONAL EN ESTACIÓN EXPERIMENTAL**  
**AGROPECUARIA INTA MARCOS JUÁREZ**

**Efecto del gradiente salino–hídrico sobre forrajeras perennes**  
**(*Medicago sativa* L. y *Thinopyrum ponticum*) durante la implantación y**  
**el establecimiento temprano**

**Sonia, Alejandra GRANDE**  
**DNI: 33.594.524**

**Director de la UNRC: Ing. Agr. Alfredo OHANIAN**  
**Tutor externo INTA EEA Marcos Juárez: Ing. Agr. Nicolás BERTRAM**

**Río Cuarto, Córdoba**  
**Agosto 2016**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO  
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA**

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN**

**Trabajo Final de grado – Modalidad práctica profesional**

Efecto del gradiente salino–hídrico sobre forrajeras perennes (*Medicago sativa* L. y *Thinopyrum ponticum*) durante la implantación y el establecimiento temprano.

**Autor:** Grande, Sonia Alejandra  
**DNI:** 33.594.524

**Director de la UNRC:** Ohanian Alfredo  
**Tutor externo INTA EEA Marcos Juárez:** Bertram Nicolás

Aprobado y corregido de acuerdo con las sugerencias del Jurado Evaluador:

Ing. Agr. Julieta Bonvillani \_\_\_\_\_

Ing. Agr. MSc. Susana Viale \_\_\_\_\_

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

\_\_\_\_\_  
**Secretario Académico**

## **DEDICATORIA**

Dedicado a mis padres y a mi hermano, por la confianza y el apoyo incondicional a lo largo del camino recorrido durante todos estos años.

## **AGRADECIMIENTOS**

La universidad fue una de las mejores etapas, en la facultad se aprende más cosas de las que uno estudia, cosas como que el esfuerzo al final vale la pena, que saber, en serio se siente bien, que estudiar realmente es un privilegio que nos permite diseñarnos un futuro, que no sólo se requiere de estudio y esfuerzo propio, requiere de muchas otras cosas para poder llevarse a cabo y entre ellas se destaca el apoyo de las personas que te rodean. Quiero brindar a través de este texto el agradecimiento a aquellas personas que me acompañaron en este largo recorrido y aquellas que hicieron posible esto.

A mis papás por brindarme la posibilidad de estudiar, que no es nada fácil hoy en día, que nunca dejaron de confiar en mí, que me levantaban cada vez que me caía y alentaban a seguir, por su esfuerzo para que yo siga hasta cumplir el objetivo.

A mi hermano Mauro, con el cual compartimos parte de la carrera, fue mi compañero incondicional, mi guía y mi soporte.

A los amigos y amigas que me dejé la universidad y mi paso por Río Cuarto, por cada momento vivido dentro y fuera de la universidad. Gracias!!!

A los profesores de la Universidad Nacional de Río Cuarto, por transmitir su experiencia y por ayudarme a formarme como profesional, especialmente a mi director Alfredo Ohanian por darme la posibilidad de realizar la práctica profesional.

Y gracias a los técnicos de INTA Estación Experimental Agropecuaria Marcos Juárez por su apoyo, orientación y contribución a la elaboración de este Trabajo Final. Especialmente quiero agradecer a los Ingenieros Nicolás Bertram y Sebastián Chiacchiera y a Fernando Angeletti alias el “trivi” (auxiliar de área y cómplice), por toda la ayuda brindada y buena predisposición al recibirme allí para realizar esta práctica. Y a todas aquellas personas que me acompañaron durante los cinco meses e hicieron que mi paso por el INTA haya sido una experiencia inolvidable.

## INDICE GENERAL

1. Introducción .....	11
2. Objetivos .....	14
2.1. Objetivo general .....	14
2.2. Objetivos específicos .....	14
2.3. Objetivos de la Práctica profesional .....	14
2.4. Objetivos alcanzados .....	14
3. Descripción de la institución .....	15
3.1. Del INTA .....	15
3.2. Del EEA Marcos Juárez .....	15
3.3. Información y contacto .....	16
4. Descripción de las tareas realizadas .....	17
5. Materiales y métodos .....	19
5.1. Características generales .....	19
5.2. Diseño experimental .....	19
5.3. Test de germinación .....	20
5.4. Variables ambientales .....	20
5.4.1. Temperatura y humedad .....	20
5.4.2. Suministro hídrico .....	21
5.5. Variables edáficas .....	21
5.5.1. Humedad gravimétrica (HG) .....	21
5.5.2. Conductividad eléctrica del suelo en solución 1:2,5 .....	22
5.5.3. pH suelo .....	22
5.5.4. Análisis químico general de suelo .....	22
5.6. Mediciones no destructivas en planta .....	23
5.6.1. Demografía y altura de individuos .....	23
5.7. Mediciones destructivas en planta .....	23
5.7.1. Biomasa total .....	23
5.7.2. Densidad de individuos .....	23
5.7.3. Componentes de la biomasa .....	23
6. Resultados .....	25
6.1. Demografía de individuos .....	25
6.2. Densidad de plantas .....	26
6.3. Altura de individuos .....	27
6.4. Biomasa total acumulada .....	28
6.5. Biomasa total, aérea y radical acumulada .....	29
6.6. Densidad de individuos .....	34
7. Conclusiones .....	36
8. Apreciación personal sobre la práctica profesional .....	37
8.1. Aspectos personales .....	37
8.2. Aspectos profesionales y social humano .....	38
9. Bibliografía .....	39

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Evolución de la temperatura (°C) (●) y humedad relativa (%) (○) media diaria en función del tiempo térmico (°Cd), durante el periodo de medición (700°Cd).....	21
<b>Figura 2:</b> Dinámica de la humedad gravimétrica para los tres regímenes hídricos CC (●), I (●) y SC (○) en función del tiempo térmico (°Cd), durante el periodo de medición (700°Cd).....	22
<b>Figura 3:</b> Dinámica de la densidad de plántulas (pl.m <sup>-2</sup> ) de a- agropiro alargado y b- alfalfa en función del tiempo térmico para suelos con diferentes conductividades eléctricas (dS.m <sup>-1</sup> ) (□ 0,98; ◇ 1.18; ○ 1,25; ■ 2,02; ◆ 4,59; ● 8,71).....	25
<b>Figura 4:</b> Densidad de individuos (pl.m <sup>-2</sup> ) en función de la conductividad eléctrica (dS.m <sup>-1</sup> ) para agropiro alargado (○) y alfalfa (●) a los 700°Cd desde la siembra.....	26
<b>Figura 5:</b> Dinámica del tamaño de plántulas (mm.pl <sup>-1</sup> ) de a- agropiro alargado y b- alfalfa en función del tiempo térmico para suelos con diferentes conductividades eléctricas (dS.m <sup>-1</sup> ) (□ 0,98; ◇ 1.18; ○ 1,25; ■ 2,02; ◆ 4,59; ● 8,71). .....	27
<b>Figura 6:</b> Altura de individuos (mm.pl <sup>-1</sup> ) en función de la conductividad eléctrica (dS.m <sup>-1</sup> ) para agropiro alargado (○) y alfalfa (●) a los 700°Cd desde la siembra.....	28
<b>Figura 7:</b> Biomasa total acumulada promedio (g MS.maceta <sup>-1</sup> ) en función de la conductividad eléctrica (dS.m <sup>-1</sup> ) para agropiro alargado (○) y alfalfa (●) a los 700°Cd desde la siembra.....	29
<b>Figura 8:</b> Relación entre la <b>a/d</b> -biomasa total, <b>b/e</b> -biomasa aérea y <b>c/f</b> -biomasa radical acumulada (g MS.maceta <sup>-1</sup> ) en función de la conductividad eléctrica (dS.m <sup>-1</sup> ) y la condición hídrica (capacidad de campo ●, inundación ●, y secano ○) para <b>a/b/c</b> -agropiro alargado y <b>d/e/f</b> -alfalfa .....	30
<b>Figura 9:</b> Longitud radical (mm.pl <sup>-1</sup> ) de <b>a</b> - agropiro alargado y <b>b</b> - alfalfa en función de la conductividad eléctrica (dS.m <sup>-1</sup> ) para diferentes condiciones hídricas (CC ●; I ● y SC ○). .....	31
<b>Figura 10:</b> Biomasa aérea acumulada en función de la biomasa radical acumulada (g MS.maceta <sup>-1</sup> ), para a- agropiro alargado y b- alfalfa bajo diferentes condiciones hídricas (CC ●; I ● y SC ○). .....	33
<b>Figura 11:</b> Biomasa total acumulada (g MS.maceta <sup>-1</sup> ) en función de la conductividad eléctrica (dS.m <sup>-1</sup> ) individualizada por maceta para agropiro alargado (○) y alfalfa (●), bajo diferentes condiciones hídricas ( <b>a</b> - CC, <b>b</b> - I y <b>c</b> - SC).....	34
<b>Figura 12:</b> Densidad de <b>a</b> - macollos para agropiro alargado (macollos.m <sup>-2</sup> ) y <b>b</b> - plantas para alfalfa (plantas.m <sup>-2</sup> ) en función de la conductividad eléctrica (dS.m <sup>-1</sup> ) a los 700°Cd de emergido para diferentes condiciones hídricas (CC ●; I ● y SC ○).....	35

## INDICE DE FOTOS

<b>Foto 1:</b> Acceso a la EEA de Marcos Juárez .....	15
<b>Foto 2:</b> Lote de alfalfa en estado de plántula. Noetinger, Córdoba. ....	17
<b>Foto 3:</b> Lote de grama Rhodes ya establecido. Noetinger, Córdoba. ....	18
<b>Foto 4:</b> Ensayo de alfalfa y agropiro alargado en invernáculo. EEA Marcos Juárez. ....	19
<b>Foto 5:</b> Test de germinación realizado en cámara. EEA Marcos Juárez. ....	20
<b>Foto 6:</b> Riego manual. EEA Marcos Juárez. ....	21
<b>Foto 7:</b> Medición de altura y cuantificación de individuos. EEA Marcos Juárez .....	23
<b>Foto 8:</b> Mediciones destructivas, fracción aérea y radicular, en agropiro alargado (izquierda) y alfalfa (derecha). EEA Marcos Juárez. ....	24

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Parámetros químicos de los seis tipos suelos utilizados como tratamientos de salinidad. ....	22
<b>Tabla 2:</b> Proporción de biomasa aérea y radical acumulada (%) hasta los 700°Cd, para agropiro alargado y alfalfa, creciendo bajo diferentes condiciones hídricas (CC, I y SC) y con conductividades eléctricas menores a 2 dS.m <sup>-1</sup> .....	32

## RESUMEN

El centro-sur de la provincia de Córdoba cuenta con aproximadamente 1.700.000 hectáreas de suelos halo-hidromorficos, lo que representa más de un 25% del total de la superficie con altas concentraciones salinas (principalmente sódicas), las cuales conducen a una desagregación del suelo. La potencialidad productiva de ambientes con limitantes halo-hidromórficas está directamente asociada a contar con especies tolerantes a altas concentraciones salinas y anegamientos temporarios y a técnicas de manejo que mejoren la productividad y persistencia de las pasturas allí implantadas. Conocer de qué manera especies como agropiro alargado y alfalfa se adaptan a estos ambientes es información de suma importancia para los productores ganaderos hoy concentrados en estos ambientes. El objetivo de este ensayo es determinar los efectos del estrés salino e hídrico de dos forrajeras perennes de diferente plasticidad fenotípica (alfalfa y agropiro) durante las etapas de emergencia y establecimiento temprano. Así se realizó un ensayo en invernáculo bajo condiciones semi-controladas en la Estación Experimental Agropecuaria INTA Marcos Juárez. El ensayo constó de dos etapas, en la primera se tuvo en cuenta solo el efecto de las diferentes conductividades eléctricas promedio (CE) (seis tipos de suelo con distinto tenor salino) sobre la germinación de alfalfa y agropiro, manteniendo todas las macetas a capacidad de campo (CC), mientras que en la segunda etapa el ensayo constó de la combinación factorial de los seis suelos con diferente concentración salina y tres situaciones hídricas contrastantes, inundación (I), secano (SC) y CC, para las mismas especies, durante la etapa del establecimiento temprano. Hallando como respuesta general, que en ambientes halo-hidromorficos. La plasticidad fenotípica de ambas especies, frente a diferentes tenores salinos, así como frente al estrés hídrico (por exceso o por defecto) las vuelven especies a tener en cuenta para la producción de biomasa de alta calidad, distribuida en el tiempo, además de generar consumos de agua en este tipo de ambientes aportando al equilibrio de los mismos. En los ensayos, se midieron variables sobre las plantas, como así también sobre suelo y napa freática. Además se participó en jornadas a campo, seminarios y visitas a productores.

Palabras claves: INTA, halo-hidromorfismo, agropiro, alfalfa.

## SUMMARY

The south-central province of Cordoba has approximately 1,700,000 hectares of halo-hydromorphic soils, what representing more than 25% of the total of the surface with high salt concentrations (mainly sodium), which lead to a breakdown of the soil. The potential productive of environments with limiting halo-hydromorphic is directly associated to count with species tolerant to high concentrations salt and waterlogging temporary and to technical of management that improve the productivity and persistence of the pastures there implanted. Knowing how species such as alfalfa and wheatgrass are adapted to these environments is important information for livestock producers today concentrated in these environments. The objective of this essay is determine the effects of the stress saline and hydric of two forage perennial of different plasticity phenotypic (alfalfa and wheatgrass) during the stages of emergence and establishment early. Thus, a trial was conducted in greenhouse conditions semi-controlled in the agricultural Experimental Station INTA Marcos Juárez. The trial consisted of two stages, the first was taken into account only the effect of the different electrical conductivities (EC) average (six types of soil with different saline tenor) on the germination of alfalfa and wheatgrass, keeping all the pots to field (CC), while in the second stage the trial had the factorial combination of six soils with different salt concentration and three contrasting water situations , (I), dry (SC) and CC, for the same species, during the stage of early settlement. Finding as general response, which in halo-hydromorphic environments, phenotypic plasticity in both species, with different saline Tenors, as well as against water stress (by excess or default) the species taken into account for the production of high-quality biomass, distributed in time, in addition to generating water consumptions in this types of environments contributing to balance thereof. In trials, variables were measured on plants, as well as on soil and napa phreatic. In addition we participate in field days, seminars and visits to producers.

Key words: INTA, halo-hydromorphism, wheatgrass, alfalfa.

## 1. Introducción

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).

La región pampeana se presenta como una de las llanuras más importantes del mundo (Jobbágy *et al.*, 2008), la escasa pendiente regional, sumado a la presencia de cordones medanosos limitan la evacuación hídrica provocando inundaciones y redistribución de sales en el perfil, favoreciendo la presencia de napas freáticas. Estas 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 (Jobbágy y Noretto, 2009)

Los suelos no aptos para la agricultura, también denominados marginales, tienen características edáficas que limitan o impiden el desarrollo de la mayoría de los cultivos y pasturas (Agnusdei *et al.*, 2011), dentro de estas características se encuentran como factores determinantes el gradiente salino, hídrico y las diferentes combinaciones entre ambos.

Estos gradientes son generados principalmente por balances hídricos locales que pueden producir ascensos del componente freático así como de las sales presentes en este, provocando la salinización del perfil de suelo (Cisneros *et al.*, 1997; Agnusdei *et al.*, 2011). En cuanto al gradiente hídrico, estos ambientes suelen tener altas concentraciones de sodio, el cual genera procesos de dispersión en el perfil, presentando baja retención de agua, transitando en periodos cortos de tiempo por situaciones de estrés hídrico, por déficit (sequía) y por exceso (anegamiento), dando como resultado una infinita variabilidad ambiental en espacio y tiempo.

Los efectos o procesos que suelen darse en las plantas debido a la salinidad, sequía y/o anegamiento suelen coincidir. Existen diferencias entre y dentro de especies, teniendo una gran variabilidad respecto a la tolerancia, resistencia o vías de escape a estos estreses. Así la germinación es uno de los principales procesos que pueden verse afectados por efectos tóxicos, osmóticos, falta de imbibición de la semilla o de oxígeno, disminuyendo la densidad final de plántulas logradas (Prisco y O'Leary, 1970; Guerrier, 1981; Bradford, 1995).

Otro proceso coincidente es el cierre estomático, lo cual conlleva a una posterior disminución de la respiración y transpiración, fotosíntesis y producción de foto-asimilados (Muraoka y Tzi, 2001; Munns, 2002; Pardos, 2004). Entre los mecanismos particulares que pueden tener algunas especies para tolerar mayores concentraciones salinas, se pueden mencionar, la acumulación o exclusión de iones en vacuolas (Abel, 1969; Tal y Shannon, 1983; Noble *et al.*, 1984), y el incremento de la producción de azúcares, aminoácidos, y otros solutos orgánicos, contribuyendo al equilibrio osmótico (Tal *et al.*, 1978; Greenway y Munns, 1980; Grumet *et al.*, 1985) entre otros. En cuanto a los procesos particulares que se dan a partir del anegamiento, se encuentra la hipoxia, el exceso de CO<sub>2</sub> y la sobreproducción de etileno, generando este último toxicidad a las plantas (Pardos, 2004).

En cuanto a la fracción radical, en general se produce un incremento y redistribución de la misma, para las situaciones de sequía y salinidad se da un mayor crecimiento de raíces en profundidad para la búsqueda de agua disponible para la planta y estratos menos salinos (Bennett *et al.*, 2009), mientras que en condiciones de anegamiento se encuentra una mayor proporción de raíces adventicias cercanas a la superficie, en la búsqueda de oxígeno (Armstrong *et al.*, 1994). En general esta dinámica de crecimiento de raíces modifica la relación entre la biomasa aérea y radicular, generando disminuciones de la misma (Golberg *et al.*, 2011).

Dentro de la fracción aérea, la salinidad, y/o el estrés hídrico por exceso o defecto, afecta el crecimiento de los órganos vegetativos, generando una disminución de las tasas de crecimiento, así como del área foliar, produciendo un acortamiento de entrenudos, y posteriormente disminuyendo el número de tallos y macollos (Maas *et al.*, 1994; Munns y Tester, 2008).

Adicionalmente, tanto la salinidad como el estrés hídrico por exceso o defecto, terminan después de un tiempo prolongado, por generar, una disminución de la turgencia, decoloración y marchitamiento foliar, finalizando con la senescencia de órganos y de la planta (Mármol, 1994; Golberg *et al.*, 2011).

Pese a todas las limitantes que pueden ejercer estos ambientes sobre las plantas en general, existen muchas forrajeras perennes que debido a la tolerancia al estrés salino (Lavado y Taboada, 2009), al bajo costo energético de la biomasa generada y sus componentes, respecto del que pueden presentar los cultivos de grano (Parsons, 1988), sobre todo para ambientes escasos en todo tipo de recursos (Andrade, 1998), y al mayor consumo de agua de las primeras respecto de las segundas (Colino, *et al.*, 2005, Otegui, 2009, Di Nucci De Bedendo *et al.*, 2009),

convierten a las forrajeras perennes en especies que pueden sobrevivir por más tiempo bajo situaciones de halo-hidromorfismo, manteniendo el equilibrio ambiental.

Así, es fundamental individualizar y cuantificar el efecto del estrés salino, hídrico y de la combinación de ambos sobre los procesos de germinación y establecimiento temprano de forrajeras perennes (agropiro alargado [*Thinopyrum ponticum*] - y alfalfa [*Medicago sativa* L.]).

## **2. Objetivos**

### **2.1. Objetivo general**

Determinar los efectos del estrés salino e hídrico en dos forrajeras perennes de diferente plasticidad fenotípica (alfalfa y agropiro) durante las etapas de emergencia y establecimiento temprano.

### **2.2. Objetivos específicos**

Cuantificar el efecto de la concentración salina, sobre la germinación de semillas de alfalfa y agropiro alargado.

Cuantificar el efecto de la salinidad y el contenido hídrico sobre la demografía poblacional, el crecimiento aéreo y radicular de plantas de alfalfa y agropiro alargado en etapas tempranas.

### **2.3. Objetivos de la Práctica profesional**

Brindar experiencia práctica complementaria de la formación adquirida en los ámbitos formales de enseñanza.

Facilitar el desarrollo de actividades en el ámbito en que se desenvuelven empresas u organismos públicos o privados afines a los estudios que realizan los alumnos, permitiendo una integración dinámica a los mismos.

Favorecer el conocimiento práctico de las características fundamentales de la relación laboral.

Formar al alumno en aspectos que le serán de utilidad en su posterior inserción laboral.

Que el alumno aprenda e integre aspectos relacionados con la aplicación de técnicas, desarrollo de propuestas a campo y resolución de problemas, potenciando su capacidad de “aprender a aprender” y “aprender a emprender” con la guía de los tutores.

### **2.4. Objetivos alcanzados**

Los objetivos planteados pudieron cumplirse en su totalidad durante el transcurso de esta práctica.

### 3. Descripción de la institución

Este Trabajo Final de Grado, para optar el título de Ingeniero Agrónomo en la Universidad Nacional de Río Cuarto, fue realizado en los meses de abril-Septiembre 2015. Las tareas de investigación efectuadas se realizaron en el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental (EEA) Marcos Juárez.



**Foto 1:** Acceso a la EEA de Marcos Juárez.

#### 3.1. Del INTA

El Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) es un organismo estatal descentralizado con autarquía operativa y financiera, dependiente del Ministerio de Agroindustria de la Nación. Fue creado en 1956 y desde entonces desarrolla acciones de investigación e innovación tecnológica en las cadenas de valor, regiones y territorios para mejorar la competitividad y el desarrollo rural sustentable del país.

Sus esfuerzos se orientan a la innovación como motor del desarrollo e integra capacidades para fomentar la cooperación interinstitucional, generar conocimientos y tecnologías y ponerlos al servicio del sector a través de sus sistemas de extensión, información y comunicación.

#### 3.2. Del EEA Marcos Juárez

La Estación Experimental Agropecuaria Marcos Juárez dispone de una superficie de 1451 hectáreas. Está integrada por cinco áreas, cuyas principales líneas de investigación y trabajo son:

- En mejoramiento genético vegetal: desarrollo de cultivares de trigo y soja de alto rendimiento, calidad, y buena adaptación a los diferentes ambientes productivos; mapeo de genes; evaluación y caracterización de los cultivos de trigo y soja en lo referente a sanidad y calidad comercial e industrial.

- En suelos y producción vegetal: conservación, manejo, fertilidad y fertilización de suelos; manejo de cultivos y manejo integrado de plagas y malezas; laboratorio de análisis de suelo y agua; agrometeorología

- En el área de producción animal: evaluación de materiales de alfalfa y cereales forrajeros bajo corte y pastoreo; evaluación de estrategias de control de enfermedades

infecciosas y parasitarias en invernadas intensificadas; tecnologías para la intensificar la producción de carne en esquemas de invernadas pastoriles y de cerdos en sistemas pastoriles.

- En economía, estadística e informática: estudios sobre evolución del sector agropecuario regional, sus principales variables socio-económicas y factores limitantes del desarrollo; información prospectiva sobre relaciones entre insumos y productos para facilitar la toma de decisiones en la empresa rural y métodos de gestión para mejorar la capacidad empresaria de los productores.

- En desarrollo rural, el objetivo es generar acciones de extensión, experimentación adaptativa y difusión para mejorar los sistemas productivos y productos del área promoviendo el desarrollo socioeconómico del productor y de la comunidad.

En su infraestructura se incluyen dos campos experimentales de trigo y soja, el laboratorio de Calidad Comercial e Industrial de Trigo y Soja y el laboratorio de Biotecnología de Trigo y Soja.

Tiene un área de influencia que comprende 6.362.149 hectáreas, en la mitad sur de la provincia de Córdoba, y abarca los departamentos de Marcos Juárez, Unión, Presidente Roque Sáenz Peña, General Roca, Río Cuarto y Juárez Celman (al sur del Arroyo Chucul).

Esta práctica profesional estuvo contemplada dentro del grupo de Producción Bovina, la cual trabaja en el desarrollo de sistemas productivos de carne bovina y porcina económicamente competitivos y ambientalmente sostenibles. El estudio de los recursos forrajeros y su aprovechamiento, las alternativas de intensificación, el manejo de efluentes y el reconocimiento, control y erradicación de las principales limitantes sanitarias de estos sistemas, constituyen las bases del trabajo de investigación que el Área realiza. La práctica se extendió de Abril a Septiembre 2015 en el área especializada en recursos forrajeros, coordinado por el Ingeniero Agrónomo Nicolás Bertram, conjuntamente con el Ingeniero agrónomo Sebastián Chiacchiaera, la jornada laboral fue de ocho horas diarias de lunes a viernes. Este grupo de trabajo está conformado por profesionales Ingenieros Agrónomos y un auxiliar de campo (Fernando Angeletti) vinculado al área. Cabe destacar que todos los integrantes del equipo participan de manera activa en las diferentes actividades que se realizan.

### **3.3. Información y contacto**

#### **INTA EEA Marcos Juárez:**

- **Director:** Marcelo Tolchinsky
- **Dirección:** Ruta 12 km.3 2580 Marcos Juárez Córdoba
- **Teléfono:** (03472) 425 001
- **Depende de:** Centro Regional Córdoba

## Área Producción Animal (Forrajes) Marcos Juárez

- **Coordinador de Área:** Néstor Juan Latimori
- **Responsable Forrajes:** Nicolás Bertram
- **Teléfono:** (03472) 425 001 – Interno N° 144
- **Mail:** [bertram.nicolas@inta.gob.ar](mailto:bertram.nicolas@inta.gob.ar)

### 4. Descripción de las tareas realizadas

La práctica profesional, se enfatizó en cumplir con los objetivos planteados. Para ello se realizaron tareas acordes al área de forrajes.

Se realizaron muchos viajes, varios de ellos fueron a un campo de la localidad de Noetinger, en los cuales se llevaron a cabo seguimientos de un ensayo de alfalfa [*Medicago sativa* L.], sembrado el 09-04-2015 a diferentes densidades (4.2, 8, 10.4, 12 y 17.4 cm), cada veinte días aproximadamente se contabilizó el número de plantas por metro lineal, se tomaron muestras de materia verde, las cuales fueron procesadas para determinar biomasa aérea y radicular.



**Foto 2:** Lote de alfalfa en estado de plántula. Noetinger, Córdoba.

En un segundo lote en un ensayo de grama Rhodes -*Chloris gayana*- establecida, con 13 freatímetros, se realizó el estudio de las características edáficas (humedad gravimétrica, nitratos, fosfatos, conductividad eléctrica (CE) y pH), para ello se extrajeron muestras de agua y suelo, y se llevaron a laboratorio y se les realizaron los análisis de CE y pH a ambas muestras y a la de suelo se le sumó la de humedad gravimétrica. El resto de las variables fueron determinadas por el departamento de suelo.



**Foto 3:** Lote de grama Rhodes ya establecido. Noetinger, Córdoba.

Además, se realizó un viaje a Laboulaye junto con la agencia de Extensión de dicha localidad, donde se recorrieron diferentes campos con problemáticas de salinidad y anegamiento.

En uno de los viajes que se realizaron, tuvimos la oportunidad de reunirnos con un grupo de productores en un campo de la localidad de Tortugas junto con técnicos de Aapresid, allí se puso énfasis en los problemas que aquejan a todos los productores y a la población, los excesos hídricos y la salinidad, brindándoles herramientas para poder hacer frente a dichas problemáticas, como por ejemplo: la incorporación oportuna de una pastura en determinados ambientes, siembras tempranas, haciendo coincidir las máximas coberturas y las máximas demandas; ciclos más largos; doble cultivo, de invierno y de verano, o doble de verano; inter-siembra; cultivos de cobertura; disminuir la implantación de soja en ambientes con limitaciones estrictas para su desarrollo; mejorar las pasturas en ambientes con elevado número de restricciones, eligiendo especies y/o cultivares que incrementen la producción; fertilizaciones estratégicas con el objetivo de generar mayor acumulaciones de biomasa y consumos de agua, etc.

También se realizaron dos viajes a Monte Buey, uno de ellos como asistente en Jornada “Excedentes hídricos. Un desafío de todos” y el segundo viaje fue nuevamente un encuentro con productores, técnicos de Aapresid y profesionales, allí se trataron diferentes temas, cultivo anuales, problema de yuyo colorado (*Amaranthus quitensis*) y la problemática que nos compete excesos hídricos.

Y por último, se planificó y ejecutó un proyecto **“Efecto del gradiente salino-hídrico sobre forrajeras perennes (*Medicago sativa* L. y *Thinopyrum ponticum*) durante la implantación y el establecimiento temprano”**, fue el trabajo principal de mi práctica profesional. El cual se desarrolla a continuación.

## 5. Materiales y métodos

### 5.1. Características generales

El ensayo se llevó a cabo en invernáculo bajo condiciones semi-controladas en la Estación Experimental Agropecuaria INTA Marcos Juárez (32° 41' 36.98" S, 62° 6' 9.63" W). El material vegetal utilizado fueron semillas de alfalfa [*Medicago sativa* L.] cv. WL 1058, grupo de reposo 10, y para el caso de agropiro alargado [*Thinopyrum ponticum*] semillas del cv. Barpiro, la siembra se realizó en macetas de cuatro litros, con una densidad objetivo de 400 pl.m<sup>-2</sup>. Se utilizaron seis tipos de suelos, obtenidos de diferentes áreas ecológicas de la zona de Marcos Juárez, intentando cubrir un amplio gradiente de conductividades, que fue desde los 0,23 a 10,35 dS.m<sup>-1</sup>.



**Foto 4:** Ensayo de alfalfa y agropiro alargado en invernáculo. EEA Marcos Juárez.

### 5.2. Diseño experimental

El ensayo constó de dos etapas, en la primera se tuvo en cuenta solamente el efecto de las diferentes conductividades eléctricas promedio (CE) (seis tipos de suelo con distinto tenor salino 0,98; 1,18; 1,25; 2,02; 4,59 y 8,71 dS.m<sup>-1</sup>) sobre la germinación de alfalfa [*Medicago sativa* L.] y agropiro, manteniendo todas las macetas a capacidad de campo (CC), mientras que en la segunda etapa el ensayo constó de la combinación factorial de los seis suelos con diferente

concentración salina y tres situaciones hídricas contrastantes, inundación (I), secano (SC) y CC, para las mismas especies, durante la etapa del establecimiento temprano.

### 5.3. Test de germinación

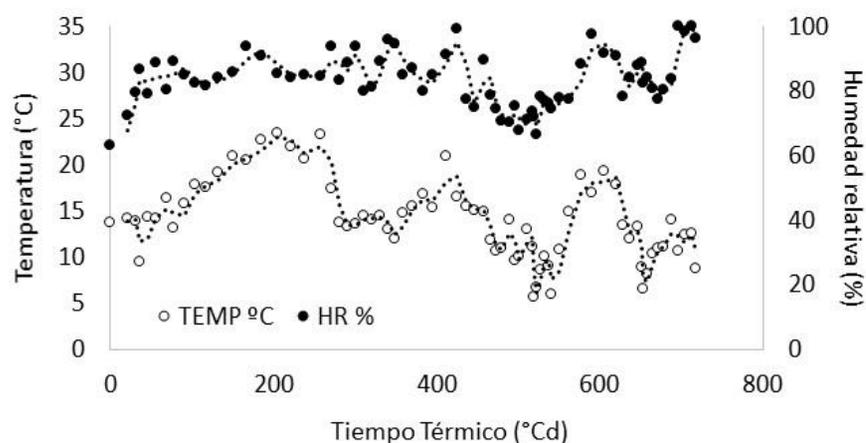
Con el objetivo de corregir la densidad de individuos viables de cada especie a utilizar en el ensayo, se procedió a realizar un test de germinación de acuerdo con normas ISTA (International Seed Test Association). Para ello, se utilizaron cuatro unidades muestrales (cajas de Petri) de cada especie, que fueron sembradas e hidratadas con agua destilada. Las cajas de Petri con las semillas, se colocaron en cámara de germinación a 25° C con 80% de humedad relativa por un tiempo de 10 días. A partir de este análisis se obtuvo el de poder germinativo (PG), además de la dinámica de germinación de cada especie. Durante el desarrollo de la experiencia se evaluó el número de semillas germinadas, a diario hasta el décimo día.



Foto 5: Test de germinación realizado en cámara. EEA Marcos Juárez.

### 5.4. Variables ambientales

**5.4.1. Temperatura y humedad:** Dentro del invernáculo la temperatura y humedad se registró automáticamente cada hora con la utilización de un termómetro y humidímetro digital (HUMILOGGER®), colocado dentro del invernáculo en una posición intermedia respecto del ensayo (Figura 1).



**Figura 1:** Evolución de la temperatura (°C) (●) y humedad relativa (%) (○) media diaria en función del tiempo térmico (°Cd), durante el periodo de medición (700°Cd).

**5.4.2. Suministro hídrico:** Al inicio se estabilizó el contenido hídrico a CC de todas las macetas y cada 3-4 días se regó manteniendo esa condición, la cual fue controlada con mediciones periódicas de humedad gravimétrica de suelo en todo el perfil de la maceta. Una vez estabilizada la densidad de individuos (aproximadamente a los 350°Cd), se procedió a no regar más a los tratamientos de SC, se continuó regando los destinados a CC y se inundaron los tratamientos correspondientes a I, con el objetivo de generar tres situaciones hídricas contrastantes (Figura 2).

## 5.5. Variables edáficas

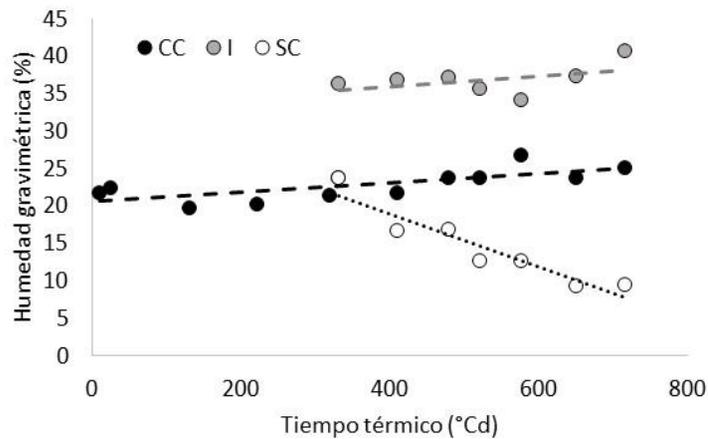
**5.5.1. Humedad gravimétrica (HG):** Semanalmente se tomaron muestras de los seis suelos, a dos profundidades 0-5 cm y 5-20 cm. se pesaron, obteniendo el peso húmedo, luego se secaron hasta peso constante, obteniendo por diferencia la HG, se lo llama método gravimétrico.



**Foto 6:** Riego manual. EEA Marcos Juárez.

**5.5.2. Conductividad eléctrica del suelo en solución 1:2,5:** Se procedió a moler la muestra de suelo con un mortero, luego estas fueron tamizadas con malla de 2 mm, pesando 20 g de las mismas. Posteriormente se agregó agua en una proporción 1:2,5 (suelo: agua), luego por el lapso de una hora se revolvió cada 15 minutos, para finalmente con un conductímetro obtener los valores de CE en dS.m-1.

**5.5.3. pH suelo:** con las mismas muestras y el mismo procedimiento, se obtuvo el pH mediante un pHmetro. Tanto la HG (Figura 2), como la CE y el pH del suelo fueron medidos con una frecuencia semanal.



**Figura 2:** Dinámica de la humedad gravimétrica para los tres regímenes hídricos CC (●), I (●) y SC (○) en función del tiempo térmico (°Cd), durante el periodo de medición (700°Cd).

**5.5.4. Análisis químico general de suelo:** A los diferentes suelos utilizados para el ensayo se les realizó un análisis de variables químicas al inicio, con la finalidad de caracterizarlos, para el mismo se tuvo en cuenta además de CE y pH, materia orgánica (MO), Nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) y Fósforo ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) (Tabla 1). Los análisis de CE y pH fueron realizados en el laboratorio de forrajes, mientras que el resto de las variables fueron realizadas por el departamento de suelo de la misma experimental.

**Tabla 1:** Parámetros químicos de los seis tipos suelos utilizados como tratamientos de salinidad.

Suelo	CE (dS.m <sup>-1</sup> )	pH	MO (%)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (ppm)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (ppm)
1	0,98	7,01	3,11	296	78
2	1,18	7,99	2,38	97	19
3	1,25	8,64	2,40	126	15
4	2,02	8,41	1,74	50	38
5	4,59	8,20	1,92	4	24
6	8,71	8,10	1,70	4	28

## 5.6. Mediciones no destructivas en planta

**5.6.1. Demografía y altura de individuos:** Día por medio se realizó un recuento de la totalidad de individuos por maceta y se midió con una regla la altura máxima promedio de los mismos en centímetros.



**Foto 7:** Medición de altura y cuantificación de individuos. EEA Marcos Juárez.

## 5.7. Mediciones destructivas en planta

**5.7.1. Biomasa total:** Al finalizar el ensayo se procedió a extraer la totalidad de las plantas vivas por maceta, lavando la fracción radical y llevándolas posteriormente a estufa 60°C con recirculación de aire, hasta llegar a peso constante, obteniendo los valores de materia seca.

**5.7.2. Densidad de individuos:** Se contabilizó el número total de individuos por maceta luego de la extracción de los mismos, para determinar la densidad de plántulas vivas que llegaron al final del ensayo.

**5.7.3. Componentes de la biomasa:** La biomasa total extraída se dividió inicialmente en dos fracciones, aérea y radicular, ambas se pesaron por separado y se midió su longitud. A la fracción aérea se la separó en los componentes que la conforman, láminas y pseudo-tallos u hojas y tallos, para el caso de agropiro alargado y alfalfa, respectivamente.

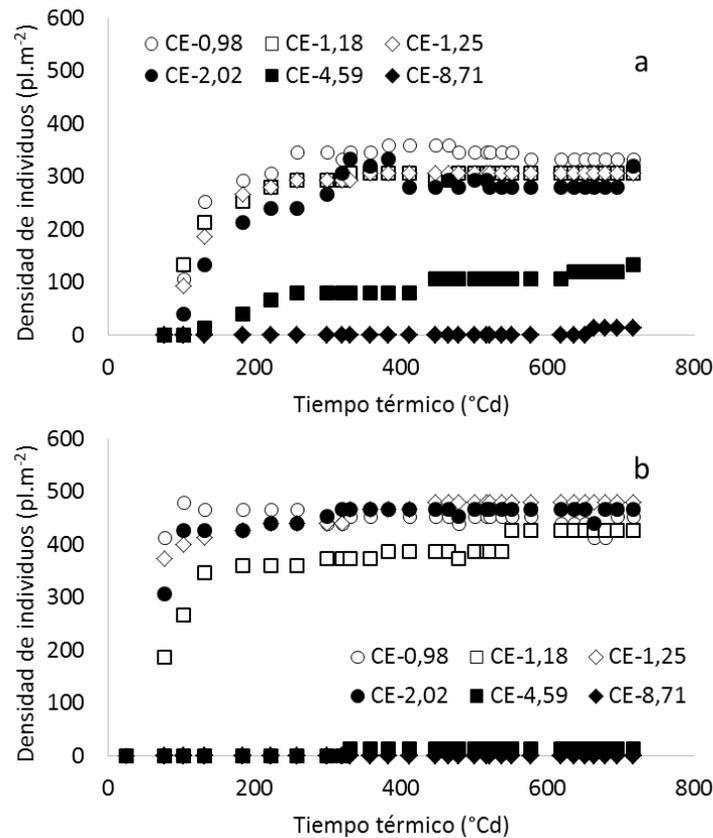


**Foto 8:** Mediciones destructivas, fracción aérea y radicular, en agropyro alargado (izquierda) y alfalfa (derecha). EEA Marcos Juárez.

## 6. Resultados

### 6.1. Demografía de individuos

Se observó un incremento en la densidad de individuos hasta aproximadamente los 350 y 150°Cd promedio para agropiro alargado y alfalfa [*Medicago sativa* L.] respectivamente, bajo tenores salinos menores a 2,02 dS.m<sup>-1</sup>, hallando a partir de conductividades eléctricas superiores a 4 dS.m<sup>-1</sup> que el establecimiento de alfalfa resultó nulo, mientras que para lograr un efecto similar en agropiro, la especie tuvo que estar en presencia de tenores salinos del doble (Figura 3 a y b).



**Figura 3:** Dinámica de la densidad de plántulas (pl.m<sup>-2</sup>) de a- agropiro alargado y b- alfalfa en función del tiempo térmico para suelos con diferentes conductividades eléctricas (dS.m<sup>-1</sup>) (□ 0,98; ◇ 1,18; ○ 1,25; ■ 2,02; ◆ 4,59; ● 8,71).

En una primera etapa, se observó que agropiro alargado alcanzó valores máximos en la densidad de individuos ( $317,3 \pm 10,1$  pl.m<sup>-2</sup>) aproximadamente a los 250°Cd para conductividades eléctricas inferiores a 1,25 dS.m<sup>-1</sup>, hallando tasas de incremento para este periodo de 1,6 plantulas.m<sup>-2</sup> por cada unidad de tiempo térmico. En tanto las conductividades intermedias (2,02 dS.m<sup>-1</sup>), alcanzaron menores densidades máximas ( $292,1 \pm 9,4$  pl.m<sup>-2</sup>) a los 320°Cd, mostrando incrementos de 1,2 pl.m<sup>-2</sup> por cada unidad de tiempo térmico, mientras que con tenores salinos cercanos a 4,5 dS.m<sup>-1</sup> la especie alcanzó la meseta a los 450°Cd con aproximadamente  $112,5 \pm 4,2$  pl.m<sup>-2</sup>, presentando una tasa de aumento de la densidad de 0,27

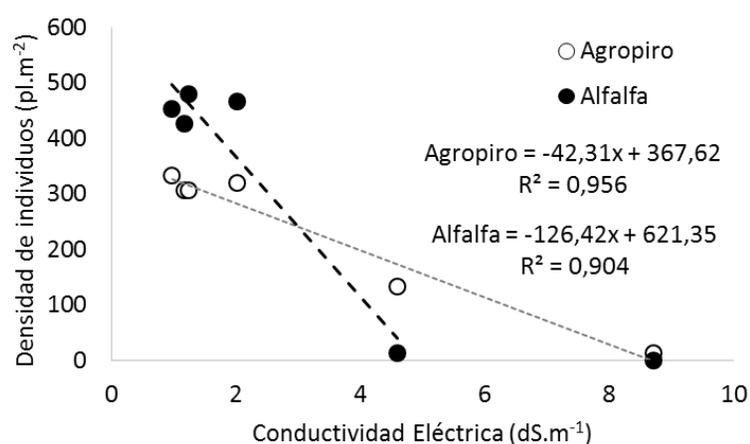
pl.m<sup>-2</sup> por unidad de tiempo térmico, con lo cual para la aparición de una nueva plántula en este ambiente, agropiro, necesitó de 3,7°Cd aproximadamente (Figura 3a).

Alfalfa, alcanzó valores máximos en la densidad de individuos en forma anticipada respecto de agropiro alargado (aproximadamente a los 150°Cd), para conductividades eléctricas menores a 2 dS.m<sup>-1</sup> (443,6 ± 16,9 pl.m<sup>-2</sup>), hallando diferencias en esta primera etapa para las tasas de incremento (Figura 3b). Así, aquellos suelos con conductividades eléctricas menores a 2 dS.m<sup>-1</sup> alcanzaron valores de 5,8 pl.m<sup>-2</sup> por unidad de tiempo térmico, a excepción de 1,18 dS.m<sup>-1</sup> que presentó tasas de incremento en el número de individuos de 3,3 pl.m<sup>-2</sup> por cada °Cd durante esta etapa. Estas diferencias en las tasas de incremento en la densidad de individuos, no explicadas por la conductividad eléctrica, pudieron deberse al contenido de fósforo en el suelo (Tabla 1).

Vale mencionar, que en suelos con conductividades eléctricas de 4,59 dS.m<sup>-1</sup>, el proceso de emergencia para alfalfa comenzó aproximadamente a los 350°Cd, obteniendo una densidad máxima al finalizar el período de 10,7 ± 2,7 pl.m<sup>-2</sup>, la cual representaría un 3% de las obtenidas en los suelos con menor tenor salino.

## 6.2. Densidad de plantas

Se halló una relación directa y negativa al finalizar el periodo de medición (700°Cd desde la siembra), entre la conductividad eléctrica y la densidad de plantas para ambas especies (Figura 4), alcanzando valores máximos de 316,7 ± 6,4 y 456,7 ± 11,4 pl.m<sup>-2</sup> para agropiro alargado y alfalfa respectivamente, los cuales se mantuvieron hasta conductividades cercanas a 2 dS.m<sup>-1</sup>, presentando alfalfa una mayor sensibilidad en comparación a agropiro alargado respecto del incremento en el tenor salino, encontrando una disminución tres veces superior.

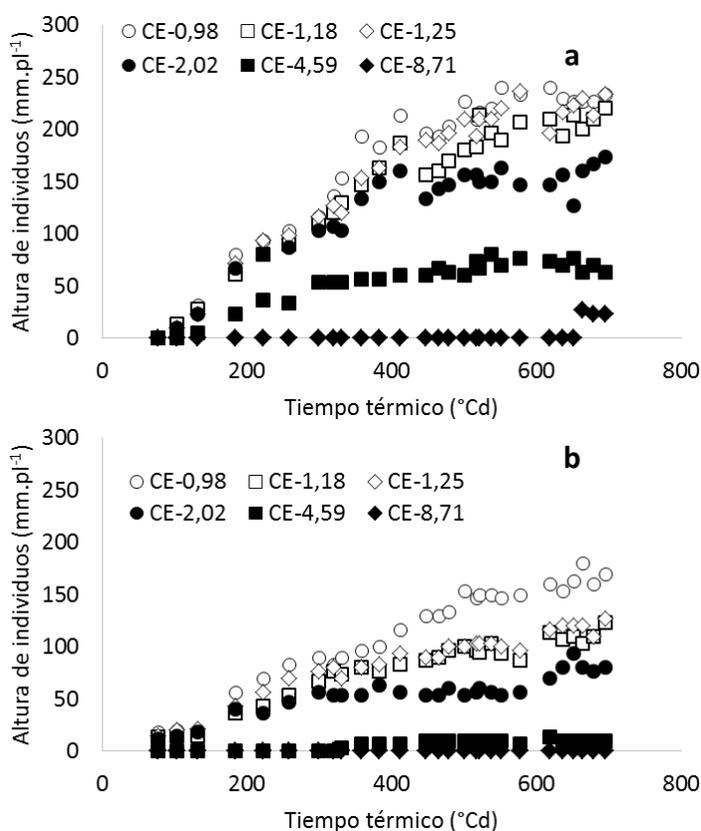


**Figura 4:** Densidad de individuos (pl.m<sup>-2</sup>) en función de la conductividad eléctrica (dS.m<sup>-1</sup>) para agropiro alargado (○) y alfalfa (●) a los 700°Cd desde la siembra.

### 6.3. Altura de individuos

Ambas especies presentaron un incremento sostenido en la altura de individuos durante todo el periodo de medición, encontrando una disminución en la tasa de crecimiento asociada al incremento de la conductividad eléctrica del suelo.

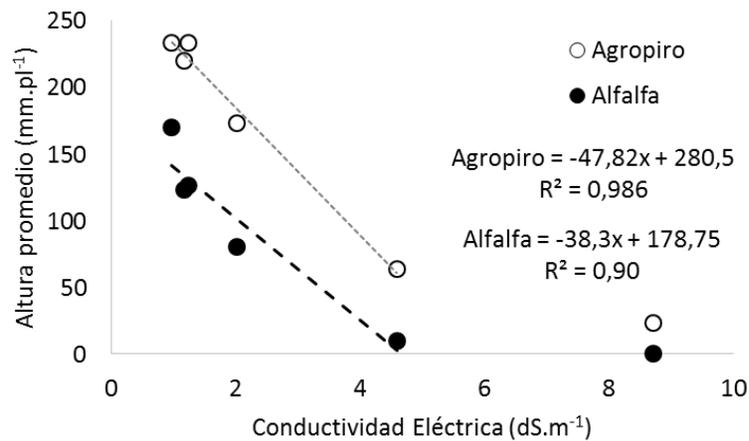
Para el caso de agropiro alargado, se observó que para crecer un milímetro en altura con conductividades inferiores a  $1,25 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ , la especie necesitó de  $2,7^\circ\text{Cd}$ , mientras que con salinidades de suelo de  $2,02$  y  $4,59 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ , el tiempo térmico para lograr el mismo crecimiento se incrementó a  $4,2$  y  $9^\circ\text{Cd}$  respectivamente (Figura 5a). Mientras que el cultivo de alfalfa, requirió para crecer un milímetro  $3,9$ ;  $6,2$ ;  $10,6$  y  $44,8^\circ\text{Cd}$  bajo tenores salinos menores a  $1$ ; cercanos a  $1,2$ ; a  $2$  y  $4,6 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$  respectivamente (Figura 5b).



**Figura 5:** Dinámica del tamaño de plántulas ( $\text{mm}\cdot\text{pl}^{-1}$ ) de a- agropiro alargado y b- alfalfa en función del tiempo térmico para suelos con diferentes conductividades eléctricas ( $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ ) ( $\square$  0,98;  $\diamond$  1,18;  $\circ$  1,25;  $\blacksquare$  2,02;  $\blacklozenge$  4,59;  $\bullet$  8,71).

Así, las plantas de agropiro alargado [*Thinopyrum ponticum*] alcanzaron valores máximos de altura de  $221 \pm 5,8 \text{ mm}\cdot\text{pl}^{-1}$  creciendo bajo concentraciones salinas cercanas a  $1 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ , disminuyendo a  $167 \pm 3,3$  y a  $65,6 \pm 1,9 \text{ mm}\cdot\text{pl}^{-1}$ , para salinidades de  $2$  y  $4,6 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ , respectivamente. Las plantas de alfalfa, con bajos tenores salinos ( $0,98 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ ), alcanzaron alturas máximas de  $170 \pm 10 \text{ mm}\cdot\text{pl}^{-1}$ , reduciendo esta con el incremento de la conductividad a  $116 \pm 9,1$ ;  $78,9 \pm 1,9$  y  $10 \pm 0,2 \text{ mm}\cdot\text{pl}^{-1}$ , para salinidades de  $1,2$ ; a  $2$  y  $4,6 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$  respectivamente.

Se halló para agropiro alargado, una caída en la altura final (700°Cd) de 47,8 mm.pl<sup>-1</sup> por cada unidad de incremento en la salinidad (Figura 6), siendo esta caída para el caso de alfalfa un 20% menor (38,3 mm.pl<sup>-1</sup>). Independientemente que agropiro alargado [*Thinopyrum ponticum*] haya presentado una mayor disminución en la altura final por cada unidad de incremento de la salinidad, respecto de alfalfa, con conductividades eléctricas intermedias a altas (4,59 dS.m<sup>-1</sup>), la gramínea alcanzó alturas promedio 6,5 veces superiores a las de la leguminosa.



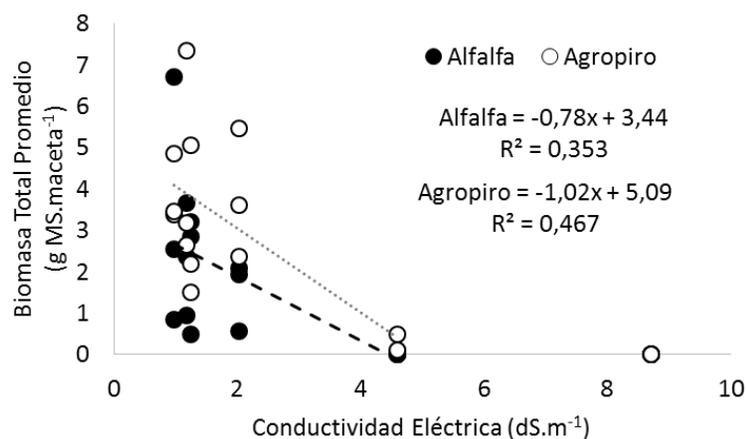
**Figura 6:** Altura de individuos (mm.pl<sup>-1</sup>) en función de la conductividad eléctrica (dS.m<sup>-1</sup>) para agropiro alargado (○) y alfalfa (●) a los 700°Cd desde la siembra.

#### 6.4. Biomasa total acumulada

Para ambas especies se observó una relación inversa entre la biomasa total acumulada y la conductividad eléctrica, hallando pendientes de -0,78 y -1,02 g MS.maceta<sup>-1</sup> por cada unidad de incremento en la salinidad edáfica, para los casos de alfalfa y agropiro alargado, respectivamente (Figura 7).

Los valores promedio de biomasa total por maceta, alcanzados por agropiro alargado y alfalfa con conductividades eléctricas menores a 2 dS.m<sup>-1</sup>, fueron de  $3,75 \pm 1,65$  y  $2,35 \pm 1,73$  g MS.maceta<sup>-1</sup>, respectivamente. Adicionalmente, ambas especies presentaron escasa o nula producción de biomasa por encima de los 4,6 dS.m<sup>-1</sup>.

Se encontró una gran dispersión en los datos de biomasa acumulada, tanto para agropiro alargado ( $R^2 = 0,467$ ), como para alfalfa ( $R^2 = 0,353$ ), asociados a tenores salinos menores a 2 dS.m<sup>-1</sup>. Así, agropiro alargado presentó un rango de valores que fueron desde 1,5 a 7,3 g MS.maceta<sup>-1</sup>, mientras que para alfalfa este fue de 0,5 a 6,7 g MS.maceta<sup>-1</sup>, lo cual indicaría que la salinidad por sí sola no sería un buen predictor de la biomasa acumulada.



**Figura 7:** Biomasa total acumulada promedio (g MS.maceta<sup>-1</sup>) en función de la conductividad eléctrica (dS.m<sup>-1</sup>) para agropiro alargado (○) y alfalfa (●) a los 700°Cd desde la siembra.

### 6.5. Biomasa total, aérea y radical acumulada

Agropiro alargado [*Thinopyrum ponticum*] presentó los mayores valores de biomasa acumulada al finalizar el periodo de medición (700°Cd) bajo condiciones hídricas óptimas (CC), con conductividades eléctricas menores a 2 dS.m<sup>-1</sup>, respecto de I y SC creciendo bajo los mismos tenores salinos. Así, agropiro alargado alcanzó valores de  $5,68 \pm 0,57$  g MS.maceta<sup>-1</sup> en condiciones de CC, mientras que tanto con excesos (I) como con déficit hídricos (SC) la especie presentó  $3,09 \pm 0,31$  y  $2,49 \pm 0,40$  g MS.maceta<sup>-1</sup>, respectivamente (Figura 8a).

De esta manera el estrés hídrico por exceso o defecto para el caso de agropiro alargado tiene un efecto similar respecto del detrimento sobre la biomasa total acumulada.

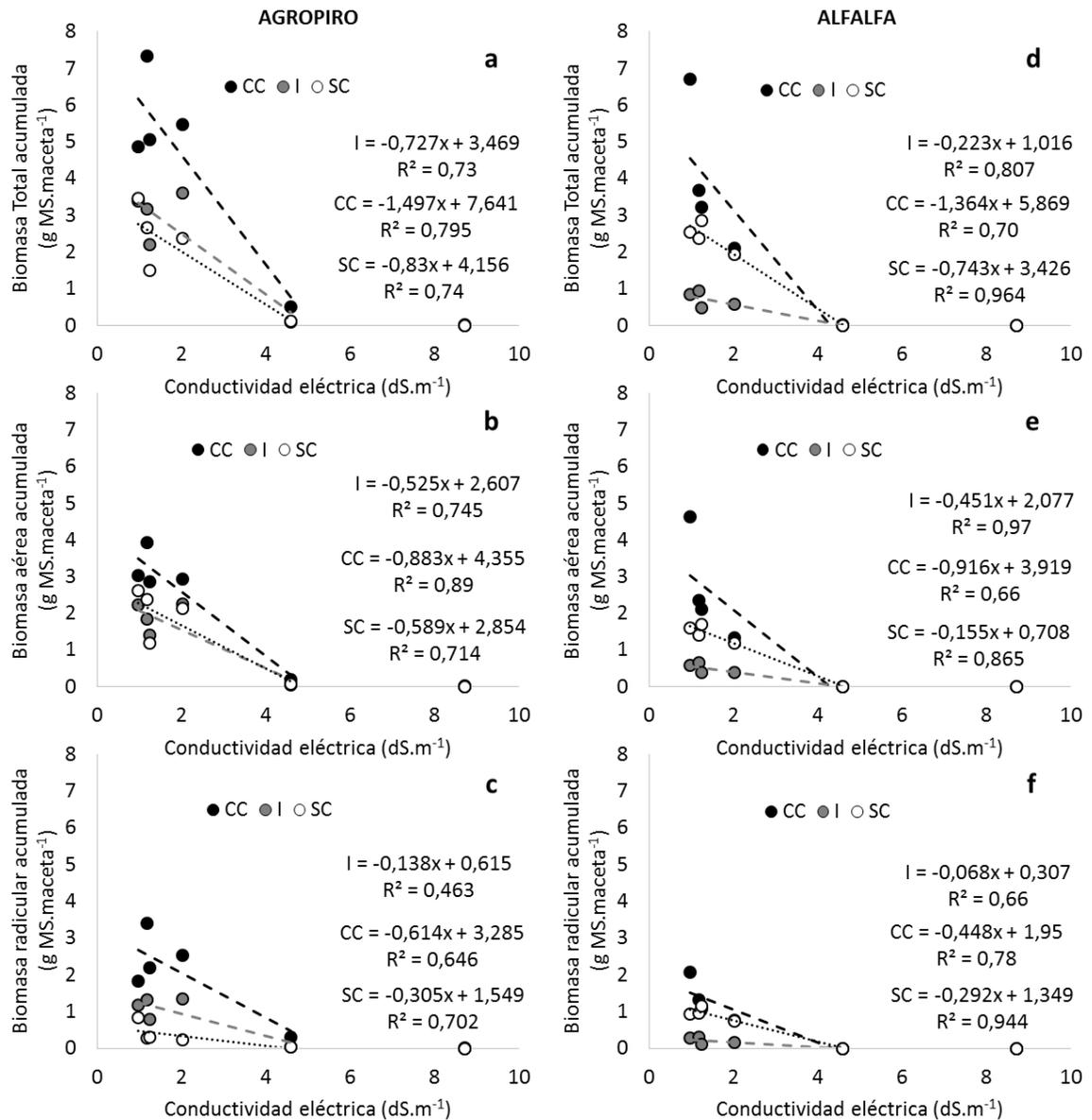
Por otro lado, para alfalfa creciendo bajo conductividades eléctricas menores a 2 dS.m<sup>-1</sup>, se observó un gradiente en la biomasa acumulada, en función de la condición hídrica, hallando valores medios de  $3,92 \pm 0,98$ ;  $2,42 \pm 0,19$  y  $0,71 \pm 0,11$  g MS.maceta<sup>-1</sup> para los tratamientos de CC, SC e I respectivamente (Figura 8d). Así, se pudo observar que a diferencia de lo hallado en agropiro, en donde el efecto de la sequía y la inundación sobre la biomasa acumulada fue de igual magnitud, para alfalfa la condición de SC permitió alcanzar mayores valores de biomasa acumulada, respecto de la condición de inundación.

Como se mencionó anteriormente, la biomasa acumulada fue prácticamente nula con conductividades eléctricas cercanas a 4,6 dS.m<sup>-1</sup>, independientemente de la disponibilidad hídrica, para ambas especies.

De esta manera la dispersión observada en la biomasa acumulada total para agropiro alargado y alfalfa, y su relación con la salinidad (Figura 7), en parte se debió a la asociación entre la conductividad eléctrica y las diferentes situaciones hídricas (Figura 8a y 8d).

Respecto a la biomasa aérea acumulada, se observó un comportamiento similar al hallado para la biomasa total acumulada para ambas especies. Así, agropiro alargado para

conductividades eléctricas menores a  $2 \text{ dS.m}^{-1}$ , alcanzó valores de biomasa de  $3,18 \pm 0,25 \text{ g MS.maceta}^{-1}$  en condiciones de CC, mientras que no se hallaron diferencias entre los tratamientos de I y los de SC ( $1,93 \pm 0,20$  y  $2,07 \pm 0,31 \text{ g MS.maceta}^{-1}$ , respectivamente) presentando estos en promedio un 37% menos de biomasa aérea respecto de aquellos que no tuvieron restricciones hídricas (Figura 8b).



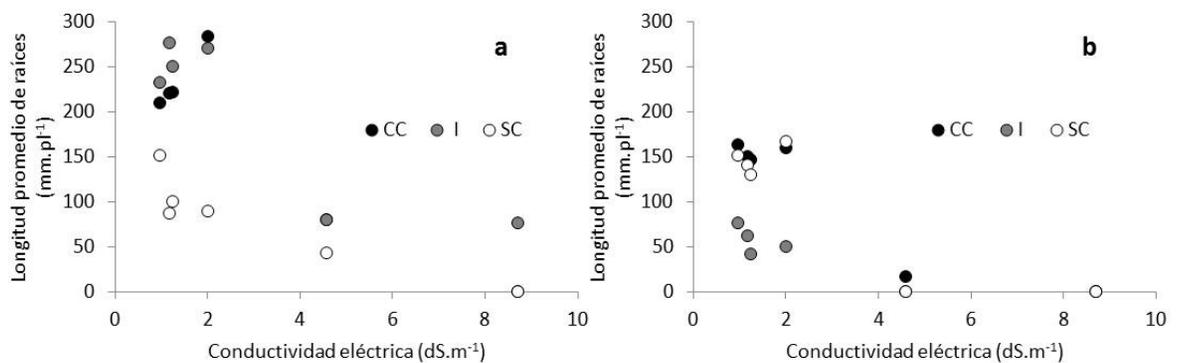
**Figura 8:** Relación entre la **a/d**-biomasa total, **b/e**-biomasa aérea y **c/f**-biomasa radical acumulada (g MS.maceta<sup>-1</sup>) en función de la conductividad eléctrica (dS.m<sup>-1</sup>) y la condición hídrica (capacidad de campo ●, inundación ●, y secano ○) para **a/b/c**-agropirol alargado y **d/e/f**-alfalfa.

Para el caso de alfalfa creciendo en el mismo rango de conductividades eléctricas, se observó un gradiente en la biomasa aérea acumulada, en función de la condición hídrica, hallando valores medios de  $2,60 \pm 0,71$ ;  $1,47 \pm 0,11$  y  $0,50 \pm 0,07 \text{ g MS.maceta}^{-1}$  para los tratamientos de CC, SC e I respectivamente (Figura 8e).

En cuanto a la biomasa radical acumulada, se observa para agropiro alargado un gradiente en función de la condición hídrica, hallando valores medios de  $2,49 \pm 0,34$ ;  $1,16 \pm 0,13$  y  $0,42 \pm 0,15$  g MS.maceta<sup>-1</sup> para los tratamientos de CC, I y SC respectivamente, dentro de un rango de conductividades inferiores a 2 dS.m<sup>-1</sup> (Figura 8c). Encontrando un patrón diferente en la biomasa radical al hallado para biomasa total y aérea, esto muestra que los tratamientos de I y SC afectan de igual forma a la biomasa aérea de agropiro alargado, mientras que los tratamientos de SC generan menor biomasa radical, respecto de los de I. Adicionalmente estas diferencias observadas en la biomasa radical, no influyen significativamente en la respuesta obtenida para la especie en la biomasa total acumulada.

En alfalfa, no se observaron diferencias significativas entre los valores alcanzados en la biomasa radical para los tratamientos de CC y SC ( $1,31 \pm 0,28$  y  $0,96 \pm 0,08$  g MS.maceta<sup>-1</sup>, respectivamente), diferenciándose de aquellos sometidos a I, alcanzando valores medios de  $0,21 \pm 0,05$  g MS.maceta<sup>-1</sup> (Figura 8f).

En lo que respecta a la longitud de raíces, para agropiro alargado, se puede observar que no se hallaron diferencias entre los tratamientos de CC e I para conductividades eléctricas menores a 2 dS.m<sup>-1</sup> ( $233,75 \pm 16,73$  y  $257,08 \pm 10,19$  mm.planta<sup>-1</sup>, respectivamente), difiriendo del tratamiento SC, encontrando valores promedio de  $107,08 \pm 15,13$  mm.planta<sup>-1</sup> (Figura 9a). Así, pese a que bajo situaciones de CC e I la especie pudo alcanzar valores similares de longitud de raíces, la biomasa lograda por el tratamiento de CC fue significativamente superior a la de I (Figura 8c).



**Figura 9:** Longitud radical (mm.pl<sup>-1</sup>) de **a-** agropiro alargado y **b-** alfalfa en función de la conductividad eléctrica (dS.m<sup>-1</sup>) para diferentes condiciones hídricas (CC ●; I ● y SC ○).

Por el contrario, se pudo observar para alfalfa que el efecto de las diferentes condiciones hídricas sobre la longitud de raíces y la biomasa acumulada fue similar (Figuras 8f y 9b), no hallando diferencias en longitud para CC y SC ( $155 \pm 3,97$  y  $147,08 \pm 7,89$  mm.planta<sup>-1</sup>), encontrando para los tratamientos sometidos a I, valores medios de  $57,5 \pm 7,59$  mm.planta<sup>-1</sup> (Figura 9b).

Adicionalmente, se observó que agropiro alargado tuvo mejor comportamiento que alfalfa con conductividades eléctricas superiores a 4 dS.m<sup>-1</sup>, presentando mayores valores de biomasa acumulada y longitud radical.

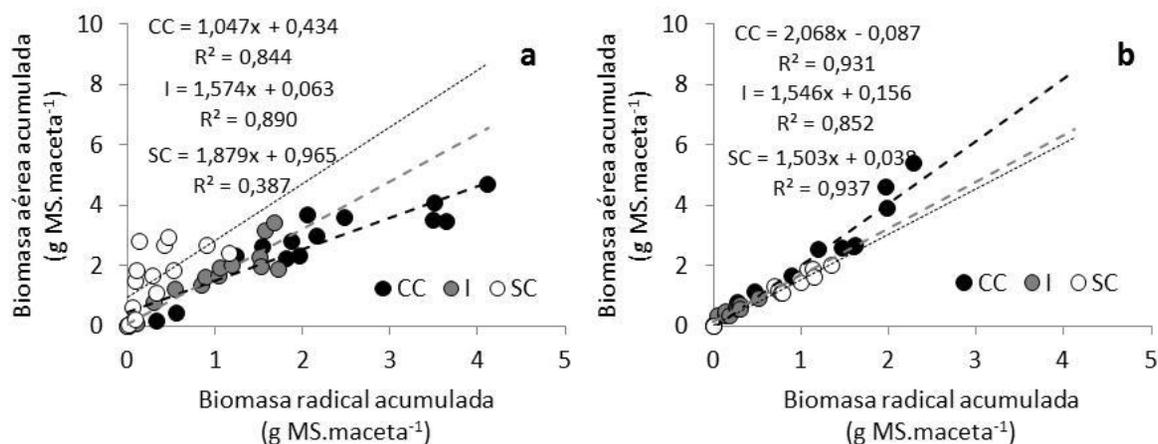
Así, alfalfa se vio más afectada tanto en su fracción aérea como radical bajo situaciones de anegamiento (I), presentando un mejor comportamiento en SC, mientras que el caso de agropiro alargado fue totalmente inverso, encontrando mejor comportamiento en situaciones de anegamiento (I) respecto de SC.

Pese al comportamiento diferencial de los valores absolutos hallados en la biomasa radical y aérea para ambas especies, cuando fueron sometidos a diferentes condiciones hídricas, se observó que para alfalfa las proporciones de biomasa aérea y radical fueron estables independientemente de su situación hídrica (0,66 y 0,34 para la biomasa aérea y radical, respectivamente), mientras que para agropiro alargado se encontraron marcadas diferencias entre estas para los diferentes tratamientos de disponibilidad hídrica (Tabla 2).

**Tabla 2:** Proporción de biomasa aérea y radical acumulada (%) hasta los 700°Cd, para agropiro alargado y alfalfa, creciendo bajo diferentes condiciones hídricas (CC, I y SC) y con conductividades eléctricas menores a 2 dS.m<sup>-1</sup>.

Especie	Agropiro		Alfalfa		
	Condición Hídrica	B. aérea (%)	B. radical (%)	B. aérea (%)	B. radical (%)
CC		0,56	0,44	0,66	0,33
I		0,63	0,37	0,70	0,30
SC		0,83	0,17	0,61	0,39

Para ambas especies, se encuentra una relación directa y positiva entre la biomasa aérea y la biomasa radical acumulada, hallando que los valores de las pendientes en alfalfa (Figura 10b) son levemente superiores a los presentados por agropiro alargado (Figura 10a), observando un incremento promedio de 1,7 unidades en la biomasa aérea de alfalfa por cada unidad de incremento en la biomasa radical, mientras que para agropiro alargado esta relación fue un 15% menor.

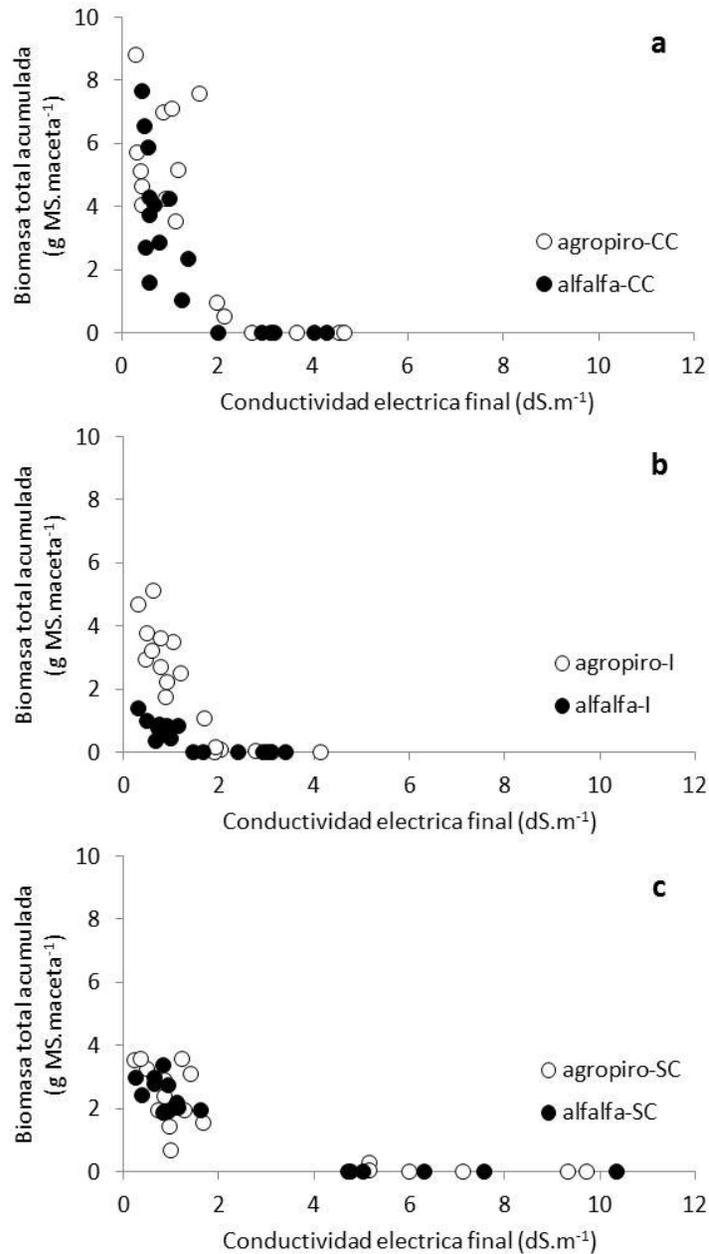


**Figura 10:** Biomasa aérea acumulada en función de la biomasa radical acumulada ( $\text{g MS.macetata}^{-1}$ ), para a- agropiro alargado y b- alfalfa bajo diferentes condiciones hídricas (CC ●; I ● y SC ○).

Adicionalmente, para situaciones de buena disponibilidad hídrica (CC), los valores máximos de biomasa radical alcanzados por agropiro alargado fueron significativamente superiores a los de alfalfa. Vale mencionar que para agropiro alargado bajo una condición de SC, no se observa una relación tan clara entre la biomasa aérea y la biomasa radical acumulada ( $R^2=0,387$ ).

Las relaciones halladas entre la biomasa total acumulada y la conductividad eléctrica final no difirieron para ambas especies, dentro de las condiciones hídricas de CC y SC (Figura 11a y 11c), mientras que para el tratamiento de inundación se puede observar una mayor sensibilidad por parte de alfalfa (Figura 11b), hallando en promedio hasta conductividades eléctricas de  $2 \text{ dS.m}^{-1}$  valores de biomasa total acumulada cuatro veces superiores para el caso de agropiro alargado respecto de alfalfa.

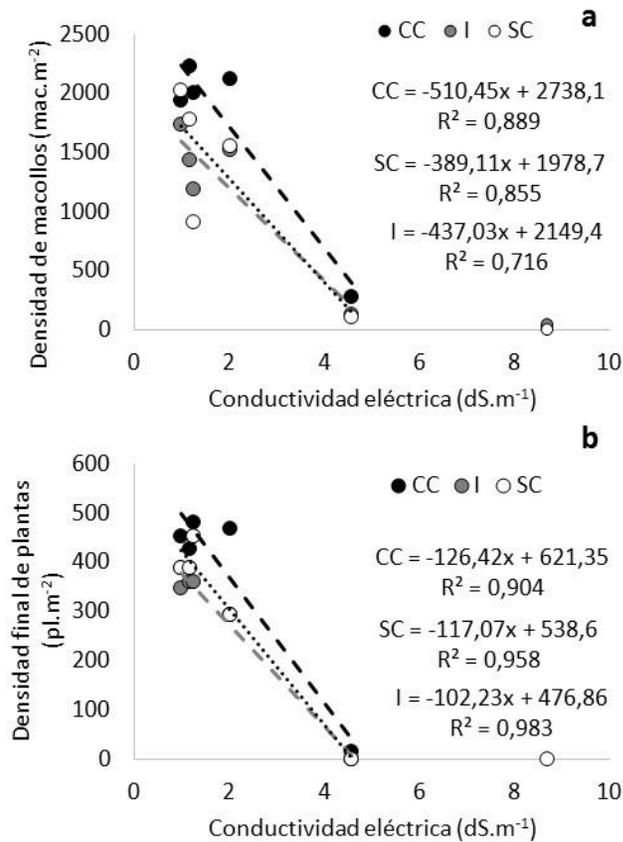
Es importante resaltar los valores máximos hallados en las conductividades eléctricas finales para la condición de SC, siendo estas dos veces superiores a los hallados para CC e I. Esto puede explicarse a partir del lavado de sales (a partir del riego o de la inundación, respectivamente) que sufrieron estos dos últimos tratamientos, ya que las conductividades iniciales no difirieron significativamente, lo cual muestra la importancia de la condición hídrica en los ambientes salinos.



**Figura 11:** Biomasa total acumulada (g MS.maceta<sup>-1</sup>) en función de la conductividad eléctrica (dS.m<sup>-1</sup>) individualizada por maceta para agropyro (○) y alfalfa (●), bajo diferentes condiciones hídricas (a- CC, b- I y c- SC).

### 6.6. Densidad de individuos

Se observó para ambas especies un efecto similar en lo que respecta a la densidad de individuos, así tanto agropyro alargado como alfalfa presentaron mayor número de macollos y plantas por superficie para situaciones de CC, respectivamente, mientras que para I y SC se registró una caída en la densidad de individuos de aproximadamente un 24% para conductividades eléctricas menores a 2 dS.m<sup>-1</sup>.



**Figura 12:** Densidad de **a-** macollos para agropiro alargado (macollos.m<sup>-2</sup>) y **b-** plantas para alfalfa (plantas.m<sup>-2</sup>) en función de la conductividad eléctrica (dS.m<sup>-1</sup>) a los 700°Cd de emergido para diferentes condiciones hídricas (CC ●; I ● y SC ○).

De esta manera agropiro alargado alcanzó densidades de macollos promedio para conductividades menores a 2 dS.m<sup>-1</sup>, 2075 ± 64 macollos.m<sup>-2</sup> para el régimen hídrico de CC aproximadamente a los 700°Cd, presentando para SC e I 1565 ± 240 y 1467 ± 115 macollos.m<sup>-2</sup>, respectivamente (Figura 12a).

De la misma manera, alfalfa presentó densidades promedio de 457 ± 11 plantas.m<sup>-2</sup> para CC, mientras que para SC e I la especie alcanzó (a los 700°Cd) 380 ± 33 y 340 ± 16 plantas.m<sup>-2</sup>, respectivamente (Figura 12b).

Adicionalmente, tanto la densidad de macollos para agropiro, como la de plantas para alfalfa, creciendo bajo conductividades eléctricas superiores a 4 dS.m<sup>-1</sup> se redujo significativamente, presentando valores cercanos a cero independientemente del régimen hídrico al que hayan sido sometidas. Así, la disponibilidad hídrica presenta efectos neutros con elevados niveles de salinidad.

## 7. Conclusiones

El crecimiento de ambas especies durante la etapa de implantación, no se vio afectado con CE inferiores a  $2 \text{ dS.m}^{-1}$ , reduciéndose significativamente cuando estas fueron superiores a  $4 \text{ dS.m}^{-1}$ .

La densidad de individuos durante el mismo periodo, fue afectada de forma diferencial para ambas especies, mostrando el cultivo de alfalfa mayor sensibilidad con el incremento de la salinidad del suelo, mientras que para variables como la altura de individuos, el efecto del incremento de la salinidad fue similar entre especies.

La disminución en las variables de crecimiento durante las etapas tempranas para agropiro alargado y alfalfa, no estaría explicado solamente a partir de aumentos en la CE (hasta  $2 \text{ dS.m}^{-1}$ ), sino que está íntimamente asociado a la condición hídrica acompañante. El efecto sobre las variables de crecimiento con CE superiores a  $4 \text{ dS.m}^{-1}$  en ambas especies, es independiente de la condición hídrica.

Independientemente de que tanto alfalfa como agropiro alargado hayan presentado disminuciones en la biomasa acumulada, ambas tuvieron un buen comportamiento, respecto a la supervivencia de individuos cuando fueron sometidos a inundaciones o sequías temporarias ( $300\text{-}350^\circ\text{Cd}$ ).

Ambas especies alcanzaron máximos valores de biomasa acumulada (aérea y radical) y densidad de individuos, creciendo sin limitantes hídricas con CE inferiores a  $2 \text{ dS.m}^{-1}$ , encontrando marcadas reducciones en estas variables cuando estas fueron sometidas a estrés hídrico por exceso o defecto.

Adicionalmente, agropiro alargado y alfalfa presentaron un comportamiento diferencial creciendo bajo situaciones hídricas adversas. Así, agropiro alargado creciendo bajo situaciones de déficit hídrico redujo significativamente su biomasa radical, mientras que alfalfa tuvo un comportamiento similar bajo anegamiento, reduciendo no solo la biomasa radical sino también la aérea.

## **8. Apreciación personal sobre la práctica profesional**

### **8.1. Aspectos personales**

El lugar de trabajo asignado donde se desarrolló gran parte de la práctica profesional fue en el área de producción animal dentro de la Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Marcos Juárez, ya que posee oficinas donde se realizó el análisis de datos y la escritura del trabajo, un laboratorio y sala de estufa para trabajar con las muestras de biomasa, suelo y napa. Además se encuentra la sección administrativa, lugar dónde se completaron todos los formularios necesarios.

Durante los primeros días de la práctica, se recorrieron las diferentes instalaciones que posee la estación explicando el funcionamiento y las precauciones que se debía tener en cada lugar, teniendo así libertad para el ingreso a las mismas. Además se me presentó frente al personal a cargo de las diferentes áreas con el objetivo de facilitar mi trabajo.

Cabe destacar que durante toda la experiencia me pusieron a disposición las diferentes herramientas necesarias para llevar adelante las tareas programadas, ya sea a través del conocimiento teórico de profesionales o encargados de campo, como así también los materiales necesarios para llevar adelante los ensayos y análisis en que se participó (máquinas de cortar biomasa, conductímetros, pHmetros, barrenos de suelo, etiquetas, bolsas, medidor de napa, semillas, cámara de germinación, bibliografía, etc.). De esta forma conté siempre con ayuda para efectuar consultas inmediatas ante la duda.

Las salidas a campo fueron realizadas siempre con un vehículo oficial de INTA participando todo el grupo de trabajo. En dichas tareas se realizaron principalmente muestreos de biomasa, suelo y napa freática, dividiendo los trabajos de forma que todos los integrantes tuvieran la posibilidad de conocer las distintas técnicas usadas para la toma de muestras.

En cuanto al ámbito de trabajo, hay que rescatar lo ameno del trato de todo el personal de INTA, continuando actualmente en contacto con profesionales y personal de campo del área de producción animal, como así también de las diferentes áreas que forman parte de la EEA Marcos Juárez.

Por otro lado, durante el tiempo que duró la práctica profesional, me alojé en una residencia ubicada dentro de la EEA. Dicha estadía fue muy grata debido a que me dio la posibilidad de conocer una gran cantidad de personas de diferentes lugares del país y de otros países, compartiendo experiencias universitarias, laborales y de la vida. Cabe destacar que actualmente también continúo en contacto con éstas personas.

## **8.2. Aspectos profesionales y social humano**

Quiero resaltar la importancia y el valor de tener la posibilidad de efectuar una práctica profesional en el ámbito de la carrera de Ingeniería Agronómica, esta oportunidad te prepara para enfrentar el mundo laboral, lo que caracteriza esta carrera, el estar lejos de casa, de conocer a otras personas, crear nuevos vínculos y valerse por sí mismo.

Dejar de ser un alumno y pasar a ser un profesional más, ser partícipe a la hora de planificar o debatir algún tema, fui parte del equipo de trabajo desde el primer día. Cada integrante del área estaba focalizado en que cada día aprenda o reafirme lo aprendido en la universidad. Además tuve un gran crecimiento personal.

Esta experiencia fue útil para reafirmar y valorar los conocimientos adquiridos como estudiante y las herramientas que brinda la formación académica, dada la inseguridad que puede experimentarse en las instancias finales de la carrera.

Por otro lado, me permitió conocer gran cantidad de personas, compañeros de la residencia de distintos puntos del país y de otros países (Bolivia y Perú), profesionales y auxiliares de todas las áreas del EEA, el contacto con los productores y profesionales de la zona.

Cabe destacar, que hasta el día de hoy mantengo el contacto con la mayoría de los profesionales, auxiliares, no profesionales y compañeros de residencia.

## 9. Bibliografía

ABEL, G. H. 1969. **Inheritance of the capacity for chloride inclusion and chloride exclusion by soybeans.** *Crop Science*, vol. 9, no 6, p. 697-698.

AGNUSDEI, M.; J. CASTAÑO y A.A.E BALCARCE. 2011 **Manejo de pasturas templadas para suelos no agrícolas.** *Producir XXI.* Estación Experimental Agropecuaria Balcarce.

ANDRADE, F. H. 1998. **Posibilidades de expansión de la producción agrícola.** *Interciencia*, vol. 23, no 4, p. 218-226.

ARMSTRONG, W.; R. BRÄNDLE y M. B. JACKSON. 1994 Mechanisms of flood tolerance in plants. *Acta Botanica Neerlandica*, vol. 43, no 4, p. 307-358.

BENNETT, S. J.; E. G. BARRETT-LENNARD y T. D. COLMER. 2009. **Salinity and waterlogging as constraints to saltland pasture production: a review.** *Agriculture, Ecosystems y Environment*, vol. 129, no 4, p. 349-360.

BRADFORD, K J. 1995. **Water relations in seed germination.** *Seed development and germination*, vol. 1, no 13, p. 351-396.

CISNEROS, J M; J. J CANTERO y A CANTERO, 1997. **Relaciones entre la fluctuación del nivel freático, su salinidad y el balance hídrico, en suelos salino-sódicos del centro de argentina.** *Revista de la Universidad Nacional de Rio Cuarto*, vol. 17, p. 23-35.

COLLINO, D. J., J. L. DARDANELLI, M. J. DE LUCA y R. W. RACCA. 2005 **Temperature and water availability effects on radiation and water use efficiencies in alfalfa (*Medicago sativa* L.).** *Animal Production Science*, vol. 45, no 4, p. 383-390.

DI NUCCI DE BEDENDO E; M. V. FIRPO y M. D. H. MARTÍNEZ. 2009 **Análisis del crecimiento de alfalfa en condiciones potenciales.** En Congreso Argentino de Producción Animal. 32. 14-16 de octubre de 2009. Malargüe, Mendoza. AR.

GOLBERG, A. D., M. D. L. A. RUIZ; A. R. QUIROGA y O. A. FERNANDEZ. 2011. **¿Qué le sucede a un cultivo cuando no llueve?** Centro Regional La Pampa-San Luis del INTA. Impreso en los talleres gráficos de la EEA INTA Anguil "Ing. Agr. Guillermo Covas".

GREENWAY, H. y R. MUNNS. 1980. **Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes.** *Annual review of plant physiology*, vol. 31, no 1, p. 149-190.

GRUMET, R.; T. G. ISLEIB y A. D. HANSON. 1985. Genetic control of glycinebetaine level in barley. *Crop Science*, vol. 25, no 4, p. 618-622.

GUERRIER, G. 1981. **Influence de différentes salinités (sels de sodium et sels de chlorure) sur la germination de *Raphanus sativus*.** *Plant and Soil*, vol. 61, no 3, p. 457-469.

ISTA. International Seed Test Association (2007) **International Rules for Seed Testing.**

ISTA

Editorial. USA. pp: 583.

JOBÁGY, E. G. y M. D NOSETTO. 2009. **Napas freáticas. Pautas para comprender y manejar su impacto en la producción.** En *XVII Congreso Nacional de AAPRESID. Argentina.*

JOBÁGY EG, MD NOSETTO, CS SANTONI, G BALDI. 2008. **El desafío ecohidrológico de las transiciones entre sistemas leñosos y herbáceos en la llanura Chaco-Pampeana.** *Ecología Austral*, 18:305-322

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

MAAS, E. V., S. M. LESCH; L. E. FRANCOIS y C. M. GRIEVE. 1994. **Tiller development in salt-stressed wheat.** *Crop science*, vol. 34, no 6, p. 1594-1603.

MAEKAWA M.; D. G. MENDEZ; A. OTERO, B. MENARVINO y J. SPAGNOLO. 2014. **Tiempo de sembrar Alfalfa: ¡la calidad importa!** En: <http://inta.gob.ar/documentos/tiempo-de-sembrar-alfalfa-a-la-calidad-importa-1>. Consultado: 05-05-2015.

MARMOL, J. F. 1994. **Consideraciones para la selección y manejo de especies tolerantes a la sequía.** *Revista de la Facultad de Agronomía*, vol. 11, no 2. p. 164-173.

MUNNS, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, cell y environment*, vol. 25, no 2, p. 239-250.

MUNNS, R. y M. TESTER. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. *Annu. Rev. Plant Biol.*, vol. 59, p. 651-681.

MURAOKA, T. y E TZI. 2001. **Mejoramiento del uso del agua en la agricultura: El papel de las técnicas nucleares.** Centro de Energía Nuclear Na Agricultura (CENA), Universidade de Sao Paulo, Piracicaba, Brasil. pp: 5-7.

NOBLE, C L.; G M. HALLORA, y D W. WEST. 1984. Identification and selection for salt tolerance in lucerne (*Medicago sativa L.*). *Crop and Pasture Science*, vol. 35, no 2, p. 239-252.

OTEGUI, M. E. 2009. **Bases ecofisiológicas para el manejo del agua en cultivos para grano conducidos en secano.** *Informaciones Agropecuarias del Cono Sur*, no 44, p. 16-18.

PARDOS, J A. 2004. **Respuestas de las plantas al anegamiento del suelo.** *Investigación agraria. Sistemas y recursos forestales*, vol. 13, no 1, p. 101-107.

PARSONS, A. J. 1988. **The effects of season and management on the growth of grass swards.** En *The grass crop*. p. 129-177. Springer Netherlands

PRISCO, J T. y J W. O'LEARY. 1970 **Osmotic and toxic effects of salinity on germination of Phaseolus vulgaris L. seeds.** *Turrialba* 20.2 177-184.

TAL, M; H. HEIKIN y K. DEHAN. 1978. **Salt tolerance in the wild relatives of the cultivated tomato: Responses of callus tissue of *Lycopersicon esculentum*, *L. peruvianum***

**and *Solanum pennellii* to high salinity.** Zeitschrift für Pflanzenphysiologie, vol. 86, no 3, p. 231-240.

TAL. M. y M. C. SHANNON. 1983. **Salt tolerance in the wild relatives of the cultivated tomato: Responses of *Lycopersicon esculentum*, *L. cheesmanii*, *L. peruvianum*, *Solanum pennellii* and F<sub>1</sub> hybrids to high salinity.** Austral. J. Plant Physiol, vol. 10, no 1, p. 109-117.