



UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

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

PRÁCTICA PROFESIONAL EN ESTACIÓN
EXPERIMENTAL AGROPECUARIA INTA
MARCOS JUÁREZ

EFFECTO DEL ESTRÉS HÍDRICO SOBRE EL
ESTABLECIMIENTO TEMPRANO DE FESTUCA ALTA Y
AGROPIRO ALARGADO.

Emiliano ZARRATEA

DNI N° 36.531.556

Tutor interno: Ing.Agr. Alfredo OHANIAN

Tutor externo: Ing.Agr. Nicolás BERTRAM

Río Cuarto – Córdoba

Mayo 2018

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Título del Trabajo Final: Efecto del estrés hídrico sobre el establecimiento temprano de Festuca alta y Agropiro alargado.

Autor: Zarratea, Emiliano.

DNI: 36.531.556

Tutor interno: Ohanian, Alfredo.

Tutor externo: Bertram, Nicolás.

Aprobado y corregido de acuerdo con las sugerencias del

Jurado Evaluador:

Ohanian, Alfredo

Bonvillani, Julieta

Salusso, Nicolás

Fecha de Presentación: ____ / ____ / ____

Aprobado por Secretaria Académica: ____ / ____ / ____

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado en especial a mi familia, mi novia y mis amigos, que me han apoyado de manera incondicional en todas mis decisiones a lo largo de mi carrera universitaria, siendo un pilar fundamental para poder finalizar mis estudios e iniciar mi futuro trayecto profesional

.AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer a la Universidad Nacional de Río Cuarto, ya que durante estos años que he transitado por la misma me han brindando una excelente formación académica, permitiéndome crecer y desarrollar como futuro profesional.

En segundo lugar, agradezco a la cátedra de producción de forrajes, ya que he recibido un apoyo permanente e incondicional por parte de los integrantes de la misma, en especial Alfredo, Julieta, Nicolás e Ignacio.

Al INTA Marcos Juárez por abrirme sus puertas, donde los profesionales de dicha Institución han estado permanentemente a disposición para que pueda llevarme una experiencia inolvidable en el transcurso de la beca.

También quiero dar las gracias a los integrantes del área de producción animal del INTA Marcos Juárez, en especial a Nicolás, Fernando, Gabriel, Sebastián y Andrés, por ser parte de mi formación profesional, ya que me han brindado sus conocimientos y han estado a disposición haciendo más agradable mi estadía en dicha Institución.

ÍNDICE GENERAL

	Página
Certificado de aprobación	I
Dedicatoria	II
Agradecimientos	III
Índice general	IV
Índice de figuras	V
Índice de cuadros	VII
Resumen	IX
Summary	X
Introducción	1
Objetivos	4
Descripción de la institución	5
Tareas realizadas	6
Materiales y métodos	11
Resultados	15
Discusión	24
Conclusiones	28
Conclusiones de la práctica profesional	29
Bibliografía	31
Anexos	36

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1: Cámara de germinación, donde se llevó a cabo el ensayo con los diferentes tratamientos.	6
Figura 2: Ensayo de agropiro y festuca, realizado en el invernáculo de la Estación Experimental Agropecuaria Marcos Juárez.	7
Figura 3: Lote de grama Rhodes ubicado en Noetinger – Córdoba, donde se realizaron muestreos en 13 ambientes diferentes.	8
Figura 4: Colocación de freatómetros en diferentes ambientes, a- Laboulaye y b- Noetinger.	9
Figura 5: Ensayo de agropiro y festuca con sus respectivos tratamientos, realizado en el invernáculo de la Estación Experimental Agropecuaria Marcos Juárez.	11
Figura 6: Contenido de humedad gravimétrica (%) en función del tiempo térmico ($^{\circ}$ Cd) para los tratamientos de capacidad de campo (CC \diamond), secano (SC \circ), inundación de siete (I-7 \square), catorce (I-14 \triangle), veintiocho (I-28 X) y cincuenta y seis días (I-56*) a lo largo del periodo de establecimiento.	15
Figura 7: Biomasa aérea acumulada (g MS. mac^{-1}) al finalizar el período de establecimiento (1400°Cd), de a- agropiro alargado y b- festuca alta, en función de la humedad gravimétrica (%) para los tratamientos de capacidad de campo (CC \diamond), secano (SC \circ), inundación de siete (I-7 \square), catorce (I-14 \triangle), veintiocho (I-28 X) y cincuenta y seis días (I-56 *).	16
Figura 8: Densidad de macollos ($\text{macollos. mac}^{-1}$) al finalizar el período de establecimiento (1400°Cd), de a- agropiro alargado y b- festuca alta, en función de la humedad gravimétrica (%) para los tratamientos de capacidad de campo (CC \diamond), secano (SC \circ), inundación de siete (I-7 \square), catorce (I-14 \triangle), veintiocho (I-28 X) y cincuenta y seis días (I-56 *).	18

Figura 9: Demografía de macollos (macollos. $\text{macollo marcado}^{-1}$) de, a- agropiro alargado y b- festuca alta, en función del tiempo térmico ($^{\circ}\text{Cd}$) para los tratamientos de capacidad de campo (CC \diamond), secano (SC \circ), inundación de siete (I-7 \square), catorce (I-14 \triangle), veintiocho (I-28 X) y cincuenta y seis días (I-56*), desde los 600 hasta los 1400 $^{\circ}\text{Cd}$. 21

Figura 10: Altura de individuos (mm.pl^{-1}) de, a- agropiro alargado y b- festuca alta, en función del tiempo térmico ($^{\circ}\text{Cd}$) para los tratamientos de capacidad de campo (CC \diamond), secano (SC \circ), inundación de siete (I-7 \square), catorce (I-14 \triangle), veintiocho (I-28 X) y cincuenta y seis días (I-56 *), desde los 600 hasta los 1400 $^{\circ}\text{Cd}$. 23

Figura 11: Biomasa aérea acumulada (g MS.mac^{-1}) en función de, a- densidad de macollos (macollos.mac^{-1}) y b- peso de macollos (g MS.mac^{-1}), para los cultivos de agropiro alargado (gris) y festuca alta (blanco), para los tratamientos de capacidad de campo (CC \diamond), secano (SC \circ), inundación de siete (I-7 \square), catorce (I-14 \triangle), veintiocho (I-28 X) y cincuenta y seis días (I-56 *). 26

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1: Análisis de la varianza y test de comparación de medias de la biomasa aérea acumulada (g MS. mac ⁻¹), a- en agropiro alargado y b- festuca alta, en función de la humedad gravimétrica (%) para los tratamientos de capacidad de campo (CC), secano (SC), inundación de siete (I-7), catorce (I-14), veintiocho (I-28) y cincuenta y seis días (I-56).	16
Cuadro 2: Análisis de la varianza y test de comparación de medias de la densidad de macollos (macollos. mac ⁻¹), a- en agropiro alargado y b- festuca alta, en función de la humedad gravimétrica (%) para los tratamientos de capacidad de campo (CC), secano (SC), inundación de siete (I-7), catorce (I-14), veintiocho (I-28) y cincuenta y seis días (I-56).	17
Cuadro 3: Análisis de la varianza y test de comparación de medias del peso de macollos (g MS. mac ⁻¹), a- en agropiro alargado y b- festuca alta, en función de la humedad gravimétrica (%) para los tratamientos de capacidad de campo (CC), secano (SC), inundación de siete (I-7), catorce (I-14), veintiocho (I-28) y cincuenta y seis días (I-56).	18
Cuadro 4: Análisis de la varianza y test de comparación de medias de la densidad de plantas (plantas. mac ⁻¹), a- en agropiro alargado y b- festuca alta, en función de la humedad gravimétrica (%) para los tratamientos de capacidad de campo (CC), secano (SC), inundación de siete (I-7), catorce (I-14), veintiocho (I-28) y cincuenta y seis días (I-56).	19
Cuadro 5: Análisis de la varianza y test de comparación de medias de la demografía poblacional (macollos. macollo marcado ⁻¹), a- en agropiro alargado y b- festuca alta, en función del tiempo térmico (° Cd) para los tratamientos de capacidad de campo (CC), secano (SC), inundación de siete (I-7), catorce (I-14), veintiocho (I-28) y cincuenta y seis días (I-56).	20
Cuadro 6: Análisis de la varianza y test de comparación de medias de la altura de individuos (mm. pl ⁻¹), a- en agropiro alargado y b- festuca alta, en función del tiempo térmico (° Cd) para los tratamientos de capacidad de	22

campo (CC), seco (SC), inundación de siete (I-7), catorce (I-14),
veintiocho (I-28) y cincuenta y seis días (I-56).

RESUMEN

Argentina es el tercer país a nivel mundial con mayor superficie afectada por halo-hidromorfismo, abarcando sólo en la Región Pampeana alrededor de 19 millones de hectáreas. Dichos ambientes caracterizados por napas freáticas cercana a la superficie, sumado a la presencia de sales, las cuales varían en cuanto al tipo y la concentración, no solamente en el espacio sino también en el tiempo, inciden directamente sobre las propiedades físicas y químicas del suelo, y sobre las especies vegetales y sus dinámicas de crecimiento. Así, las especies deben adaptarse a una gama de condiciones hídricas diferentes, pasando por estados de inundación y sequía, en intervalos cortos de tiempo. Especies forrajeras perennes, como Agropiro alargado (*Thinopyrum ponticum*) y Festuca alta (*Festuca arundinacea*), se presentan como alternativas para dichos ambientes, debido a su mayor consumo de agua, distribuido a lo largo del año, así como la tolerancia a la sequía, y su exploración radical, son algunas de las causas que determinan su capacidad de aportar al equilibrio hídrico de los sistemas, tanto en situaciones de excedentes como de déficit hídrico. El objetivo del presente trabajo fue identificar y cuantificar el efecto de la disponibilidad hídrica (por exceso y por defecto) sobre el establecimiento de agropiro alargado y festuca alta. Dicho trabajo se llevó a cabo en el INTA, en la Estación Experimental Agropecuaria Marcos Juárez, área de producción animal. Para ello, se realizó un ensayo en invernáculo, en el que se midieron variables ambientales como la humedad de suelo, la temperatura y la humedad atmosférica, y en planta como, la biomasa aérea acumulada, la densidad y peso de macollos, la altura y el número de las plantas y la demografía poblacional. Los datos obtenidos fueron analizados con el programa InfoStat, mediante un análisis de la varianza (ANOVA), se realizó la comparación de medias con la prueba LSD Fisher ($p < 0.05$). Se halló para ambas especies, que los máximos valores de biomasa aérea acumulada coincidieron con condiciones hídricas óptimas (CC), mostrando reducciones en esta variable bajo situaciones de sequía o inundación, siendo agropiro alargado más afectado ante situaciones de excedentes hídrico que bajo situaciones de sequía, mientras que festuca tuvo un comportamiento inverso. En la etapa de establecimiento temprano, para ambas especies, la biomasa aérea acumulada estuvo principalmente asociada a la densidad de macollos y en menor medida a su tamaño. Adicionalmente, agropiro alargado presentó mayores tasas de aparición de macollos respecto de festuca alta. Es importante destacar, que el efecto de la sequía e inundación no afectaron el número de plantas logradas inicialmente en ambas especies.

Palabras claves: halo-hidromorfismo, forrajeras perennes, sequía, anegamiento.

SUMMARY

Argentina is the third worldwide country with greater surface affected by halo-hydromorphism, with 19 millions of hectares in the Pampean zone. These environments characterized by water table near the surface, added to the presence of salts, which vary in type and concentration, not only in space but also in time, directly affect the physical and chemical properties of the soil, and about plant species and their growth dynamics. Thus, species must adapt to a range of different water conditions, passing through flood and drought states, in short intervals of time. Perennial forage species, such as elongated wheatgrass (*Thinopyrum ponticum*) and tall fescue (*Festuca arundinacea*), are presented as alternatives for these environments, due to their higher water consumption, distributed throughout the year, as well as tolerance to drought, and its radical exploration, are some of the causes that determine its ability to contribute to water balance systems, both in situations of surplus and water deficit. The objective of the present work was to identify and quantify the effect of water availability (by excess and by default) on the establishment of elongated wheatgrass and tall fescue. This work was carried out at INTA, at the Marcos Juárez Agricultural Experimental Station, animal production area. For this, an experiment was carried out in a greenhouse, in which environmental variables were measured, such as soil moisture, temperature and atmospheric humidity, and in plants such as accumulated aerial biomass, density and weight of tillers, height and number of plants and population demography. The data obtained were analyzed with the InfoStat program, by means of an analysis of the variance (ANOVA), the comparison of means with the Fisher LSD test was performed ($p < 0.05$). It was found for both species, that the maximum values of accumulated aerial biomass coincided with optimal hydric conditions (CC), showing reductions in this variable under drought or flood situations, being elongated wheatgrass more affected in situations of water surpluses than under drought situations, while fescue had an inverse behavior. In the early establishment stage, for both species, the accumulated aerial biomass was mainly associated with the density of tillers and to a lesser extent their size. Additionally, elongated wheatgrass presented higher rates of appearance of tillers with respect to tall fescue. It is important to note that the effect of drought and flooding did not affect the number of plants initially achieved in both species.

Keywords: halo-hydromorphism, perennial forages, drought, waterlogging.

1. INTRODUCCIÓN

A nivel global existen aproximadamente 800 millones de hectáreas afectadas por algún grado de halohidromorfismo (Rains, 1991), pudiendo esta superficie incrementarse de continuar el proceso de agriculturización y ascenso de napas de diferente calidad (Flowers y Yeo, 1995). Argentina es el tercer país del mundo con mayor superficie afectada por halo-hidromorfismo (Lavado y Taboada, 2009), encontrándose en la Región Pampeana alrededor de 19 millones de hectáreas con diferentes niveles de salinización (Gorgas y Bustos, 2008), los cuales en su gran mayoría, se asocian a planicies bajas y napas freáticas cercanas a la superficie (Jobbágy *et al.*, 2008), transitando durante periodos cortos de tiempo por una gama de situaciones hídricas diferentes (inundaciones - sequías) (Bertram *et al.*, 2013).

Dentro de los suelos halo-hidromórficos se pueden encontrar tres grupos, los salinos, salino sódicos y sódicos, los cuales en función del tipo de sales y su concentración generan gradientes respecto del número de especies y sus dinámicas de crecimiento, dando lugar a distintos tipos de ecosistemas (Richards *et al.*, 1954).

En los suelos sódicos la acumulación del ión sodio (Na^+), afecta principalmente las propiedades físicas del suelo. En este tipo de suelos puede producirse hinchamiento de las partículas coloidales y dispersión de las mismas, generando una disminución en la porosidad edáfica (macroporosidad), una reducción de la conductividad hidráulica y de la infiltración de agua en el perfil, modificando la capacidad de almacenaje hídrico del suelo. Así, las especies que se desarrollan en este tipo de ambientes deben adaptarse a una gama de condiciones hídricas diferentes, pasando por estados de inundación y sequía, durante intervalos cortos de tiempo (Lavado y Taboada, 2009; Varallyay, 1981).

En suelos salinos, la presencia de sales solubles (cloruros y sulfatos, principalmente), se asocian a procesos de ósmosis y toxicidad. En el primero existe una relación directa entre el incremento de la salinidad y el potencial osmótico, generando una menor disponibilidad de agua en el suelo para las plantas (Lavado y Taboada, 2009). En el otro caso, alta salinidad sumada a la incapacidad de algunas plantas de excluir sales, lleva a la acumulación de las mismas en las hojas, produciendo la senescencia prematura, dada por la intoxicación de las células (Munns, 2002). Así, la concentración, el tipo de sales y la capacidad de las diferentes especies para tolerar estas condiciones ambientales, determinarán el crecimiento de éstas en este tipo de suelos (Lavado y Taboada, 2009; Richards *et al.*, 1954).

Los cambios producidos a nivel de sistemas productivos en la Región Pampeana, caracterizados por una disminución en el consumo de agua (más cultivos anuales, menos pasturas perennes y pastizales, mayor eficiencia en el uso del agua, etc.) generaron excedentes hídricos que fueron incorporándose regularmente al agua subterránea, determinando su acercamiento a la superficie, lo que sumado al desconocimiento de las características del componente freático, respecto de su calidad y contenido de sales, plantea un escenario de incertidumbre respecto a la salinización potencial de los suelos (Bertram y Chiacchiera, 2013). Por lo que es de suma importancia considerar el balance hidrológico de un ecosistema terrestre, el cual se compone de la partición de la precipitación incidente en: a) vapor en forma de transpiración vegetal, evaporación del suelo e interceptación del canopeo (evapotranspiración), y b) líquido en forma de escurrimiento superficial y drenaje profundo (rendimiento hídrico). Este balance está muy influenciado por la vegetación, y controla -junto con el clima- el abastecimiento de cursos superficiales y de acuíferos subterráneos (Jobbágy *et al.*, 2008).

Los principales controles del balance hídrico son las condiciones climáticas, la topografía, el tipo de vegetación y su manejo (Dingman, 1993). En estas regiones de planicies como la pampeana, las fluctuaciones del nivel freático son determinadas fundamentalmente por el resultado del balance hídrico local, donde balances positivos (más precipitaciones que evapotranspiración) generan procesos de recarga y ascensos de nivel freático, y balances negativos (más evapotranspiración que precipitaciones) se asocian a procesos de descarga y descensos de la napa cercana (Freezem y Cherry, 1979).

Los cambios de vegetación y, en particular, las transiciones entre sistemas leñosos y herbáceos, pueden alterar de manera significativa el balance de agua y el flujo de sales de los ecosistemas. Los bosques y las plantaciones forestales tienen mayor capacidad transpirativa que los pastizales y los cultivos herbáceos. Ello está dado por sus mayores superficies foliares, por la rugosidad de los canopeos, y por sus sistemas radicales, generalmente más profundos. Estas diferencias a menudo afectan las tasas de evapotranspiración, el contenido de humedad del suelo y el flujo de agua hacia napas y cursos superficiales (Jobbágy *et al.*, 2008).

El reemplazo de los bosques secos o pasturas perennes por cultivos anuales altera estas propiedades hidrológicas y reduce los niveles de evapotranspiración, lo que conlleva a excesos y anegamientos (Jobbágy *et al.*, 2008). Así, forrajeras perennes como Agropiro alargado "*Thinopyrum ponticum*" y Festuca alta "*Festuca arundinacea*" tienen la capacidad de aportar al equilibrio hídrico en ambientes templados, consumiendo más agua (durante más tiempo en el

año) en momentos de excedentes y tolerando la sequía en ambientes en donde el agua sea restrictiva (Com. Pers. Bertram, 2017).

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Identificar y cuantificar el efecto de la disponibilidad hídrica (por exceso y por defecto) sobre el establecimiento de Agropiro alargado y Festuca alta.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Cuantificar el efecto del estrés hídrico (por exceso o por defecto) sobre la biomasa aérea acumulada, los componentes de rendimiento (densidad y peso de macollos) y el número de plantas.

Identificar y jerarquizar el efecto del estrés hídrico sobre la demografía poblacional y la altura de la planta.

DESCRIPCIÓN DE LA INSTITUCIÓN

La práctica profesional se realizó en la Estación Experimental Agropecuaria Marcos Juárez perteneciente al Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).

El 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 fomentar la cooperación interinstitucional, generar conocimientos y tecnologías y ponerlos al servicio del sector a través de sus sistemas de extensión, información y comunicación, mejorando la competitividad y el desarrollo rural sustentable del país. La institución tiene presencia en las cinco ecorregiones de la Argentina (Noroeste, Noreste, Cuyo, Pampeana y Patagonia), a través de una estructura que comprende: una sede central, 15 centros regionales, 52 estaciones experimentales, 6 centros y 22 institutos de investigación, y más de 350 unidades de extensión.

La Estación Experimental Agropecuaria Marcos Juárez, ubicada sobre la Ruta Provincial 12 (km 3), dispone de una superficie de 1451 hectáreas. La misma está integrada por seis áreas de trabajo: mejoramiento genético vegetal, suelo, producción vegetal, producción animal, economía- estadística- informática y extensión rural. Éstas ejercen influencia sobre 6.362.149 hectáreas, que abarca el sur de la provincia de Córdoba, comprendiendo los departamentos de Marcos Juárez, Unión, Presidente Roque Sáenz Peña, General Roca, Río Cuarto y Juárez Célman (al sur del arroyo Chucul). Además, posee una Cooperadora, encargada de la producción y comercialización de semillas, granos, bovinos y porcinos. Los beneficios obtenidos de dichos productos, son destinados a la investigación, extensión y mantenimiento de la infraestructura de la Estación Experimental.

La presente práctica profesional se realizó desde el mes de Noviembre de 2016 hasta Octubre de 2017, con una carga de ocho horas por día. La misma se llevó a cabo en el área de Producción Animal, dentro de la sección especializada en recursos forrajeros. Dicho espacio se encuentra conformado por 3 integrantes, coordinado por el Ing. Agr. Nicolás Bertram, quienes en equipo analizan y evalúan diferentes problemáticas y plantean posibles soluciones para la zona de influencia. Además, en conjunto con productores llevan a cabo diferentes ensayos, con la finalidad de poder generar información, para posteriormente transmitir dichos conocimientos a la población.

TAREAS REALIZADAS

Cabe mencionar que dicha práctica profesional, se encuentra inserta dentro del Proyecto: “El aumento de la productividad ganadera en ambientes con restricciones abióticas: Módulo 1- Ambientes con suelos halo-hidromórficos”, dentro del Convenio INTA- AUDEAS- CONADEV, y es por eso que se priorizó el cumplimiento de los objetivos planteados en el mismo.

Para ello, se inició con una revisión bibliográfica acerca de las características de los ambientes con suelos halo-hidromórficos y la adaptación de las especies forrajeras perennes a los mismos, a fin de tener conocimiento sobre la temática, y posteriormente se dio comienzo a los ensayos realizados en cámara, invernáculo y campo. Además, dentro de dicha práctica profesional se efectuaron otras actividades complementarias como: seminarios, jornadas a campo, cursos y asistencias a charlas, entre otras.

1- Ensayo en cámara de germinación:

El mismo se llevó a cabo en la Universidad Nacional de Río Cuarto, en cámara de germinación donde el objetivo fue comprender y cuantificar el efecto de la salinidad y el contenido hídrico edáfico sobre la emergencia y el establecimiento temprano del cultivo de agropiro alargado (Figura 1). Esta etapa sólo comprendió el estudio de la especie de Agropiro alargado.

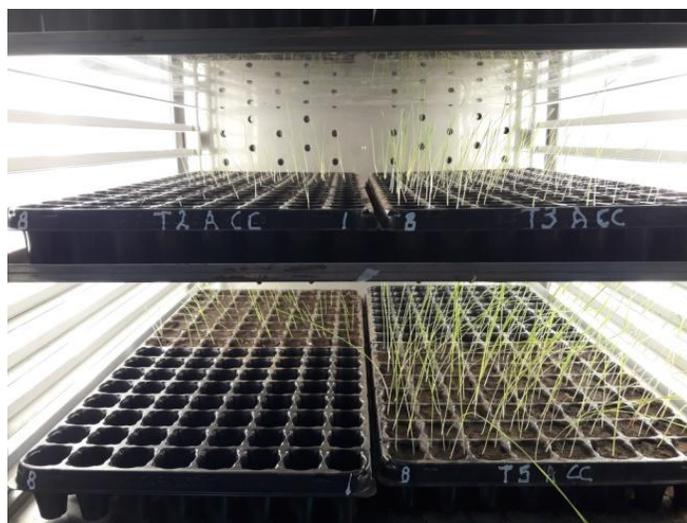


Figura 1: Cámara de germinación, donde se llevó a cabo el ensayo con los diferentes tratamientos.

El ensayo constó de la combinación factorial de dos regímenes hídricos (capacidad de campo -CC - y seco - SC -) y cinco suelos con diferentes conductividades eléctricas, extraídos de las zonas aledañas a la EEA INTA Marcos Juárez. Cada tratamiento se obtuvo a partir de la combinación factorial de la salinidad y el régimen hídrico, donde fueron situados en la bandeja de germinación de 64 celdas (8x8), con el objetivo de generar una dinámica de crecimiento de 8 momentos de muestreo con 8 repeticiones cada uno. Las mediciones y los muestreos se realizaron cada 4 días (cada 60°Cd), determinándose sobre el suelo: humedad gravimétrica, conductividad eléctrica (CE) y pH, y sobre las plantas: altura, estado fenológico, biomasa aérea y radicular y longitud de raíces. Al finalizar el mismo, se procedió al análisis de los resultados obtenidos, para posteriormente realizar el informe final. Dicho ensayo comenzó en el mes de Noviembre de 2016 y finalizó en el mes de Enero de 2017.

2- Ensayo en invernáculo:

Dicho ensayo, se realizó con la finalidad de identificar y cuantificar el efecto de la disponibilidad hídrica (por exceso y por defecto) sobre el establecimiento de agropiro alargado y festuca alta (Figura 2). La actividad comenzó en marzo de 2017 y finalizó en junio de 2017.



Figura 2: Ensayo de agropiro y festuca, realizado en el invernáculo de la Estación Experimental Agropecuaria Marcos Juárez.

3- Ensayo a campo:

Si bien, el proyecto incluía el seguimiento de agropiro alargado a campo, esto no pudo ser posible, debido a que surgieron inconvenientes tanto de índole técnica como logística. Sin embargo, en su lugar se continuó con la evaluación de un ensayo de grama Rhodes y alfalfa, ubicados en la localidad de Noetinger- Córdoba (Figura 3). Allí, se muestrearon 13 ambientes diferentes con grama Rhodes y 10 con alfalfa.

En dicho ensayo, se extrajeron muestras de agua y suelo para determinar tanto características edáficas (humedad gravimétrica, conductividad eléctrica (CE) y pH) como así también características de la napa freática (profundidad, conductividad eléctrica y pH), relacionándolas a la producción de biomasa obtenida en cada uno de los ambientes. En lo que respecta a las muestras de biomasa, se hizo la separación en material vivo y muerto, y además, se cuantificó el número de macollos, estolones e inflorescencia, a partir del material vivo. Dicha muestra se llevó a estufa para obtener el valor de materia seca. Una vez obtenidos todos los resultados de las mediciones, se procedió a su análisis, con el objetivo de identificar y jerarquizar indicadores ambientales determinantes de diferente potencialidad en la dinámica de crecimiento y acumulación de biomasa en grama Rhodes y alfalfa.



Figura 3: Lote de grama Rhodes ubicado en Noetinger – Córdoba, donde se realizaron muestreos en 13 ambientes diferentes.

4- Seminarios:

Se realizaron varios seminarios, relacionados a la problemática bajo estudio. Los mismos se desarrollaron dentro de las oficinas de la sección forrajera del INTA Marcos Juárez, con la participación de los integrantes del área de producción bovina. Se creó una mesa de discusión, con la finalidad de sacar un mejor provecho en la comprensión e interpretación de los mismos, lo que nos permitió obtener una mayor noción acerca de la problemática bajo estudio.

5- Jornada a campo:

Durante la práctica profesional, en las localidades de Noetinger, Marcos Juárez, Canals y Laboulaye se colocaron freatímetros (Figura 4), y se procedió al muestreo de suelo y agua, en dichos ambientes con halo-hidromorfismos. Además, la colocación de freatímetros se realizó con la finalidad de generar una red de ensayos, vinculada a mejorar el conocimiento acerca del consumo hídrico de los diferentes estratos de vegetación, desde sistemas leñosos hasta herbáceos.



Figura 4: Colocación de freatímetros en diferentes ambientes, a- Laboulaye y b- Noetinger.

6- Capacitación instrumental:

Se realizó una capacitación para el uso de instrumentos de medición para evaluar la radiación incidente a través del Piranómetro y el índice de área foliar a partir del Leaf Porometer.

7- Asistencia a charlas y congreso:

Se participó en charlas dictadas por el Ing. Agr. Nicolás Bertram, relacionadas a la problemática del proyecto que se desarrolló. Así como también en el Congreso de Salinidad, organizado por la Red Argentina de Salinidad (RAS), el cual se llevó a cabo en la ciudad de Villa Mercedes (San Luis), en el mes de octubre de 2017.

8- Defensa de tesis en Córdoba:

En agosto de 2017, se asistió a la defensa de tesis de maestría de Sebastián Chiacchiera, Ingeniero Agrónomo que forma parte del equipo de trabajo de la sección forrajera de la EEA INTA Marcos Juárez. La misma trató sobre el efecto de la profundidad de napa freática y la salinidad sobre la dinámica de crecimiento de grama Rhodes (*Chloris gayana*).

9- Curso de conducción segura:

Por último, en Octubre de 2017, se concurrió al Curso de Conducción Segura de cinco (5) horas de conducción, realizado en las instalaciones de INTA, localidad de Marcos Juárez, provincia de Córdoba, dictado por el Centro de Formación en Políticas y Gestión de Seguridad Vial, dependiente de la Agencia Nacional de Seguridad Vial, Ministerio de Transporte.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Características generales del ensayo en invernáculo.

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° 06' 9.63" W) (Figura 5). Se utilizaron semillas de festuca alta del cv. Bar Alta, y semillas de agropiro alargado del cv. Barpiro. La siembra se realizó en macetas de 20 L de volumen y 29 cm de diámetro, donde se distribuyeron las semillas en dos surcos de 24 cm de longitud espaciados a 14,5 cm entre sí. Se ajustó la densidad de siembra en función del Poder Germinativo (PG), con el objetivo de lograr una densidad de 300 plántulas.m². El suelo que se utilizó para rellenar las macetas fue un Argiudol típico de la serie Marcos Juárez.



Figura 5: Ensayo de agropiro y festuca con sus respectivos tratamientos, realizado en el invernáculo de la Estación Experimental Agropecuaria Marcos Juárez.

2.2. Diseño experimental:

El ensayo experimental fue en bloques completamente aleatorizados (DBCA) con 3 repeticiones. El mismo constó de dos etapas, una primer etapa que comenzó con la siembra y finalizó con el comienzo del macollaje de festuca y agropiro (aproximadamente hasta los 683°Cd), en donde se mantuvo a todas las macetas a capacidad de campo (CC). Posteriormente, se prosiguió con la segunda etapa, en la cual se sometió a ambas especies a seis situaciones hídricas diferentes, correspondientes a secano (SC) que no recibieron más agua, CC

manteniéndose en una condición hídrica ideal (siendo para este tipo de suelo de la zona del 28% de humedad gravimétrica) y los tratamientos de inundación (I) por períodos de 7 (I-7), 14 (I-14), 28 (I-28) y 56 días (I-56), los cuales luego de que finalizó el lapso de inundación no se los regó más hasta finalizar el ensayo.

2.3. Test de germinación

Con el objetivo de corregir la densidad de individuos viables de cada especie, se procedió a realizar un test patrón de germinación, siguiendo el protocolo propuesto por Internacional Seed Test Association (ISTA, 2008). Para ello, se utilizaron cuatro unidades de muestreo (cajas de Petri) por cada especie, en donde fueron sembradas y luego hidratadas con agua destilada. Las cajas de Petri con las semillas, se colocaron en cámara de germinación a 20° C con 80% de humedad relativa. Se siguió el procedimiento según las Normas ISTA, que constó de una primera medición del número de plántulas normales, a los 7 días (140°Cd) y un último conteo, a los 14 días (280°Cd). De esta manera se obtuvieron los valores de poder germinativo (PG) para cada especie, con el objetivo de corregir la densidad de siembra utilizada.

2.4. Variables ambientales

2.4.1. Temperatura y humedad: Dentro del invernáculo la temperatura y humedad se registró cada una hora durante todo el período de evaluación, a través de la utilización de un dispositivo electrónico digital (HUMILOGGER®), colocado dentro del invernáculo en una posición representativa respecto del ensayo.

2.4.2. Condición hídrica y tratamientos: Al inicio se estabilizó el contenido hídrico a CC de todas las macetas y cada 3 ó 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 que los cultivos comenzaron a macollar (aproximadamente a los 683°Cd), se procedió a establecer los tratamientos mencionados anteriormente.

2.5. Variables edáficas

2.5.1. Humedad gravimétrica (HG): Semanalmente se tomaban muestras de suelos de los distintos tratamientos, a dos profundidades: 0-5 cm y 5-20 cm. Las mismas se pesaban inmediatamente extraídas en una balanza electrónica, obteniendo de esta manera el peso húmedo. Luego se las llevó a estufa (60°C) para su secado hasta peso constante, para poder

conseguir por diferencia la Humedad Gravimétrica (HG). Para llevar a cabo esta medición se seleccionaba una maceta de cada tratamiento.

2.6. Mediciones

2.6.1. Sobre plantas

2.6.1.1. No destructivas

2.6.1.1.1 Demografía poblacional: A lo largo del periodo de evaluación del ensayo (desde 636 hasta 1362°Cd) se realizó el seguimiento de la evolución demográfica poblacional, tanto para el cultivo de agropiro como para festuca. Para ello se eligió un macollo representativo de cada surco, en cada una de las macetas del ensayo y se midió el incremento de macollos por cada uno de los macollos marcados para los distintos regímenes hídricos. Las mediciones se efectuaron cada 3 días.

2.6.1.1.2 Altura de individuos: Se seleccionó un macollo representativo por surco para cada una de las macetas, en el cual se midió la altura a lo largo del período de evaluación, con una regla graduada en mm, cada 3 días aproximadamente. Una vez finalizado el ensayo se procedió a promediar los datos obtenidos en cada una de las mediciones, para de esta forma obtener una altura promedio de cada una de las condiciones hídricas. Es importante aclarar, que sólo se midió hasta la parte viva de las hojas, no teniendo en consideración la parte senescente.

2.6.1.2. Destructivas

2.6.1.2.1 Biomasa total: Al finalizar el ensayo, se procedió a la extracción de 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, a través de una balanza electrónica.

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

2.6.1.2.3 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 le determinaron los componentes de rendimiento que la conforman, realizando el conteo del número de macollos y el peso de los mismos.

2.7. Análisis estadístico.

Para el procesamiento de datos se utilizó Excel (tablas dinámicas y gráficos) y se evaluaron las variables medidas a través de un análisis de la varianza (ANOVA). Para, la comparación de medias se utilizó la prueba LSD Fisher ($p < 0,05$) del software estadístico InfoStat (Di Renzo *et al.*, 2014).

3. RESULTADOS

3.1. Contenido hídrico.

Desde la siembra del ensayo hasta que se impusieron los tratamientos correspondientes a los diferentes regímenes hídricos, todas las macetas permanecieron bajo condiciones de CC. Luego de establecidos los distintos tratamientos, el contenido hídrico de CC e I-56 fue relativamente constante, con valores promedios de 25 y 43% de humedad gravimétrica, respectivamente. Los tratamientos sometidos a inundaciones temporarias, I-7, I-14 e I-28, permanecieron en condiciones de saturación durante 7 días (126°Cd), 14 días (260°Cd) y 28 días (436°Cd), finalizando el ensayo con 11, 15 y 18% de humedad gravimétrica, respectivamente. El tratamiento de SC inició el periodo de evaluación con valores de humedad cercanos a CC (25 %), disminuyendo hasta 11% al terminar el ensayo (Figura 6).

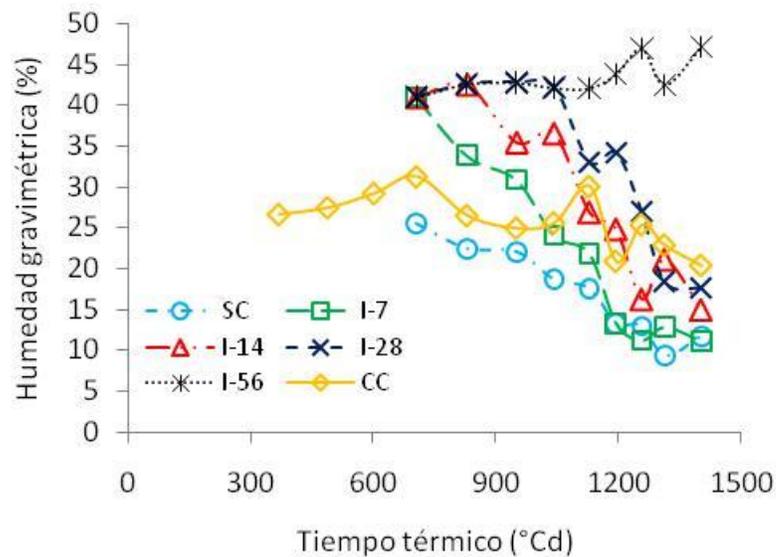


Figura 6: Contenido de humedad gravimétrica (%) en función del tiempo térmico (° Cd) para los tratamientos de capacidad de campo (CC \diamond), secano (SC \circ), inundación de siete (I-7 \square), catorce (I-14 \triangle), veintiocho (I-28 \times) y cincuenta y seis días (I-56 $*$) a lo largo del periodo de establecimiento.

3.2. Biomasa aérea acumulada.

La biomasa aérea acumulada para agropiro alargado fue diferente entre tratamientos ($p=0,0186$) (Cuadro 1a), hallando los mayores valores para el tratamiento de CC ($17,6 \pm 1,49$ g MS.maceta⁻¹), alcanzando en promedio, aproximadamente el doble de biomasa respecto de

aquellos sometidos a estrés hídrico por exceso o defecto (SC, I-14, I-28 y I-56), a excepción del tratamiento I-7 que presentó valores intermedios ($12,5 \pm 0,79$ g MS.maceta⁻¹) (Figura 7a).

Para el caso de festuca alta, la biomasa aérea acumulada presentó diferencias significativas entre las distintas disponibilidades hídricas ($p=0,0067$) (Cuadro 1b), encontrando para SC, I-7, I-14 e I-28, valores de biomasa aérea acumulada en promedio un 38,3% menores, respecto de CC ($21,53 \pm 2,29$ g MS.maceta⁻¹), mientras que el tratamiento I-56, presentó valores intermedios a las dos situaciones mencionadas ($17,06 \pm 0,70$ g MS.maceta⁻¹), siendo un 20% menor que CC (Figura 7b).

Especie	Tratamientos	Biomasa aérea acumulada	
		g MS/ mac ⁻¹	
Agropiro	CC	17,61	A
	SC	9,04	B
	I-7	12,55	A B
	I-14	9,75	B
	I-28	10,89	B
	I-56	8,01	B
Significancia		*	
R ²		0,67	
Cv		24,78	
p-valor		0,0186	

Especie	Tratamientos	Biomasa aérea acumulada	
		g MS/ mac ⁻¹	
Festuca	CC	21,53	A
	SC	12,02	B C
	I-7	14,70	B C
	I-14	11,83	C
	I-28	15,46	B C
	I-56	17,06	A B
Significancia		*	
R ²		0,73	
Cv		16,59	
p-valor		0,0067	

Obs.: Letras distintas indican diferencias significativas y ns sin diferencias.

Cuadro 1: Análisis de la varianza y test de comparación de medias de la biomasa aérea acumulada (g MS. mac⁻¹), a-en agropiro alargado y b- festuca alta, en función de la humedad gravimétrica (%) para los tratamientos de capacidad de campo (CC), secano (SC), inundación de siete (I-7), catorce (I-14), veintiocho (I-28) y cincuenta y seis días (I-56).

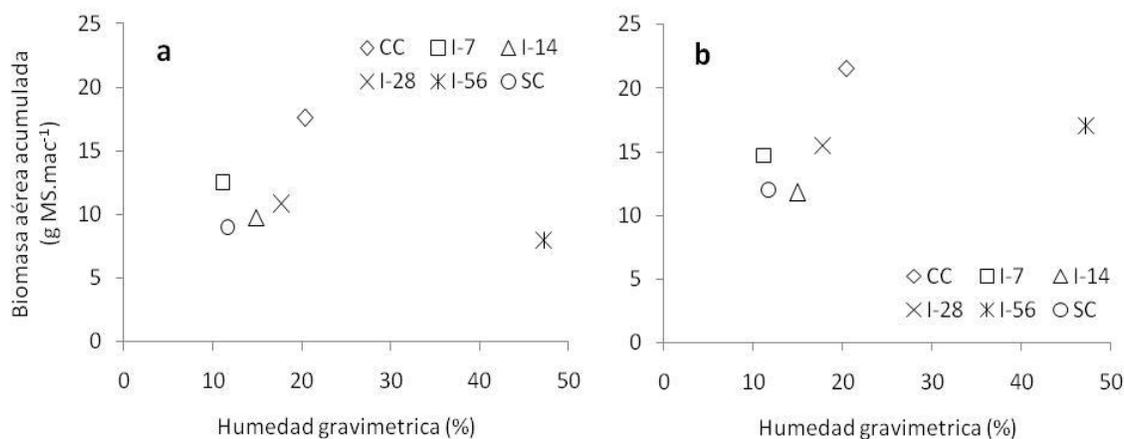


Figura 7: Biomasa aérea acumulada (g MS. mac⁻¹) al finalizar el periodo de establecimiento (1400°Cd), de a- agropiro alargado y b- festuca alta, en función de la humedad gravimétrica (%) para los tratamientos de capacidad de campo (CC \diamond), secano (SC \circ), inundación de siete (I-7 \square), catorce (I-14 \triangle), veintiocho (I-28 \times) y cincuenta y seis días (I-56 $*$).

3.3. Densidad de macollos

Se hallaron diferencias significativas en la densidad de macollos para agropiro alargado entre los distintos estados hídricos ($p= 0,0144$) (Cuadro 2a), alcanzando las mayores densidades en el tratamiento CC ($208 \pm$ macollos. mac^{-1}), respecto de aquellos que sufrieron algún tipo de estrés hídrico, ya sea por exceso o por defecto (SC, I-7, I-14, I-28 y I-56), siendo estos últimos en promedio un 41 % menor (Figura 8a).

Para festuca también se encontraron diferencias significativas en la densidad de individuos entre las diferentes disponibilidades hídricas ($p=0,004$) (Cuadro 2b), hallando las mayores densidades en los tratamientos de CC, I-7 e I-56 (en promedio $162 \pm 13,03$ macollos. mac^{-1}), siendo éstas un 40% mayores a SC, mientras que los tratamientos I-14 e I-28 presentaron densidades intermedias (en promedio $139,5 \pm 11,025$ macollos. mac^{-1}) (Figura 8b).

a

Especie	Tratamientos	Densidad de macollos
		macollos/ mac^{-1}
Agropiro	CC	208,00 A
	SC	114,67 B
	I-7	146,33 B
	I-14	110,00 B
	I-28	145,67 B
	I-56	97,00 B
Significancia		*
R^2		0,69
Cv		22,53
p-valor		0,0144

b

Especie	Tratamientos	Densidad de macollos
		macollos/ mac^{-1}
Festuca	CC	183,00 A
	SC	92,33 C
	I-7	148,00 A B
	I-14	140,67 B
	I-28	139,33 B
	I-56	155,50 A B
Significancia		*
R^2		0,76
Cv		13,69
p-valor		0,0040

Obs.: Letras distintas indican diferencias significativas y ns sin diferencias.

Cuadro 2: Análisis de la varianza y test de comparación de medias de la densidad de macollos (macollos. mac^{-1}), a-en agropiro alargado y b- festuca alta, en función de la humedad gravimétrica (%) para los tratamientos de capacidad de campo (CC), secano (SC), inundación de siete (I-7), catorce (I-14), veintiocho (I-28) y cincuenta y seis días (I-56).

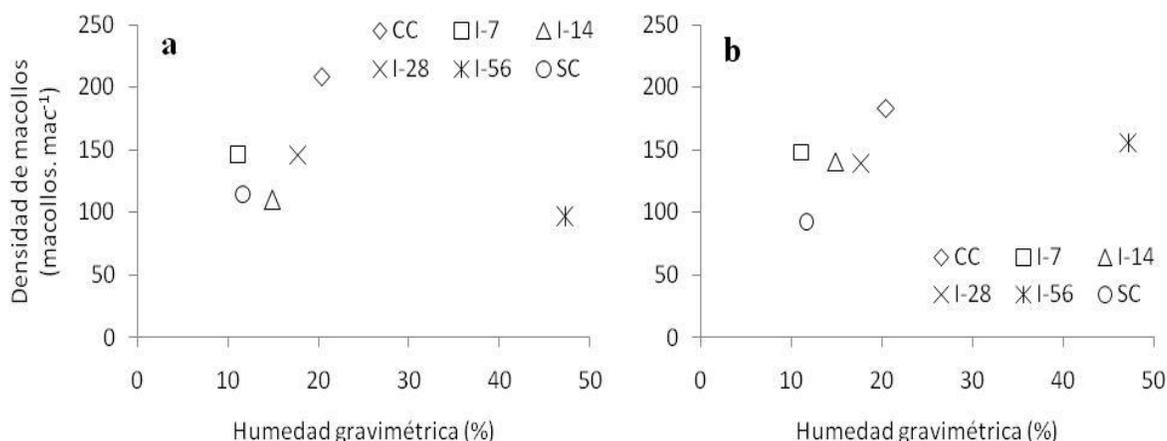


Figura 8: Densidad de macollos (macollos. mac⁻¹) al finalizar el período de establecimiento (1400°Cd), de a- agropyro alargado y b- festuca alta, en función de la humedad gravimétrica (%) para los tratamientos de capacidad de campo (CC ◇), secano (SC ○), inundación de siete (I-7 □), catorce (I-14 △), veintiocho (I-28 X) y cincuenta y seis días (I-56 *).

3.4. Peso de macollos

El peso promedio de macollos por maceta no presentó diferencias significativas entre los tratamientos para agropyro ($p=0,9109$) y festuca ($p=0,1720$) (Cuadro 3a y b). En agropyro, el peso promedio de macollos fue de $0,082 \pm 0,0216$ g MS.maceta⁻¹, mientras que en festuca fue de $0,108 \pm 0,015$ g MS.maceta⁻¹, siendo éste un 24,08% mayor respecto a agropyro.

a

Especie	Tratamientos	Peso de macollos	
		g MS/ mac ⁻¹	
Agropyro	CC	0,09	
	SC	0,08	
	I-7	0,09	
	I-14	0,09	
	I-28	0,08	
	I-56	0,08	
Significancia		ns	
R ²		0,12	
Cv		20,20	
p-valor		0,9109	

b

Especie	Tratamientos	Peso de macollos	
		g MS/ mac ⁻¹	
Festuca	CC	0,12	
	SC	0,13	
	I-7	0,10	
	I-14	0,08	
	I-28	0,11	
	I-56	0,11	
Significancia		ns	
R ²		0,46	
Cv		18,70	
p-valor		0,1720	

Obs.: Letras distintas indican diferencias significativas y ns sin diferencias.

Cuadro 3: Análisis de la varianza y test de comparación de medias del peso de macollos (g MS. mac⁻¹), a-en agropyro alargado y b- festuca alta, en función de la humedad gravimétrica (%) para los tratamientos de capacidad de campo (CC), secano (SC), inundación de siete (I-7), catorce (I-14), veintiocho (I-28) y cincuenta y seis días (I-56).

3.5. Densidad de plantas

No se hallaron diferencias significativas, entre las distintas condiciones hídricas, en el stand de plantas tanto para agropiro ($p=0,8369$) como para festuca ($p=0,9514$) (Cuadro 4a y b), donde alcanzaron valores promedios de $18,69 \pm 2,53$ y $18,72 \pm 2,10$ plantas de agropiro y festuca, respectivamente.

a

Especie	Tratamientos	Número de plantas
		plantas/ mac ⁻¹
Agropiro	CC	19,33
	SC	18,67
	I-7	20,00
	I-14	19,50
	I-28	19,33
	I-56	15,33
Significancia		ns
R ²		0,15
Cv		24,69
p-valor		0,8369

b

Especie	Tratamientos	Número de plantas
		plantas/ mac ⁻¹
Festuca	CC	17,33
	SC	18,00
	I-7	19,67
	I-14	19,00
	I-28	20,33
	I-56	18,00
Significancia		ns
R ²		0,09
Cv		22,72
p-valor		0,9514

Obs.: Letras distintas indican diferencias significativas y ns sin diferencias.

Cuadro 4: Análisis de la varianza y test de comparación de medias de la densidad de plantas (plantas. mac⁻¹), a-en agropiro alargado y b- festuca alta, en función de la humedad gravimétrica (%) para los tratamientos de capacidad de campo (CC), secano (SC), inundación de siete (I-7), catorce (I-14), veintiocho (I-28) y cincuenta y seis días (I-56).

3.6. Demografía poblacional

Se encontraron diferencias en la dinámica de aparición y muerte de individuos en función de la condición hídrica para agropiro y festuca ($p < 0,0001$). Vale mencionar que para ambas especies no se registró muerte de individuos durante el periodo de medición, por ello los valores presentados en la demografía, corresponden solamente a la aparición de macollos. Adicionalmente, la dinámica poblacional para ambas especies y tratamientos mostró un comportamiento sigmoideo, con una fase lineal desde los 800°Cd hasta los 1300°Cd.

Para el caso de agropiro alargado, se halló un valor promedio de 8 macollos por macollo marcado para todo el periodo de evaluación en CC, mientras que I-14, I-28 e I-56 presentaron valores en promedio un 37% menores a CC (5 macollos. macollo marcado⁻¹) (Cuadro 5a). Los tratamientos SC e I-7 presentaron una situación intermedia a los anteriores, mostrando como resultante en promedio 7 macollos por macollo marcado para el mismo periodo (Figura 9a). Por último, el número promedio de individuos aparecidos por macollo marcado al finalizar el ensayo no manifestó diferencias significativas entre tratamientos ($p=0,0624$), mostrando solamente una

tendencia entre los mismos. Así, el tratamiento de CC finalizó con aproximadamente 15 macollos aparecidos por macollo marcado, mientras que I-14, I-28 e I-56 alcanzaron valores promedios un 34% menores (10 macollos.macollo⁻¹), quedando los tratamientos SC e I-7 con 11 macollos.macollo⁻¹.

Para festuca alta, los tratamientos I-7 y CC presentaron el mayor número de individuos en promedio (7 macollos. macollo marcado⁻¹) a lo largo de todo el periodo de evaluación, no hallando diferencias significativas entre los tratamientos de CC y el I-14 (Cuadro 5b), mientras que los valores promedios más bajos de aparición de macollos, correspondieron a los tratamientos I-28, I-56 y SC (5 macollos. macollo marcado⁻¹) (Figura 9b). En cuanto al número promedio de individuos aparecidos por macollo marcado al finalizar el ensayo, se encontraron diferencias significativas entre los diferentes regímenes hídricos (p=0,0445), hallando que la condición hídrica de SC y las inundaciones más prolongadas (I-28 e I-56), presentaron los menores valores promedios de aparición de macollos (8 macollos. macollo marcado⁻¹), mientras que los mayores valores promedios al finalizar el periodo, estuvieron asociados a los tratamientos de CC, I-7 e I-14 (10 macollos. macollo marcado⁻¹).

a

Especie	Tratamientos	Demografía poblacional
		macollos/mac marcado ⁻¹
Agropiro	CC	7,80 A
	SC	6,18 B C
	I-7	7,08 A B
	I-14	5,34 C
	I-28	5,38 C
	I-56	5,32 C
Significancia		*
R ²		0,04
Cv		72,64
p-valor		0,0001

b

Especie	Tratamientos	Demografía poblacional
		macollos/mac marcado ⁻¹
Festuca	CC	7,08 A B
	SC	4,67 C
	I-7	7,67 A
	I-14	6,28 B
	I-28	5,13 C
	I-56	5,11 C
Significancia		*
R ²		0,08
Cv		61,55
p-valor		0,0001

Obs.: Letras distintas indican diferencias significativas y ns sin diferencias.

Cuadro 5: Análisis de la varianza y test de comparación de medias de la demografía poblacional (macollos. macollo marcado⁻¹), a-en agropiro alargado y b- festuca alta, en función del tiempo térmico(° Cd) para los tratamientos de capacidad de campo (CC), secano (SC), inundación de siete (I-7), catorce (I-14), veintiocho (I-28) y cincuenta y seis días (I-56).

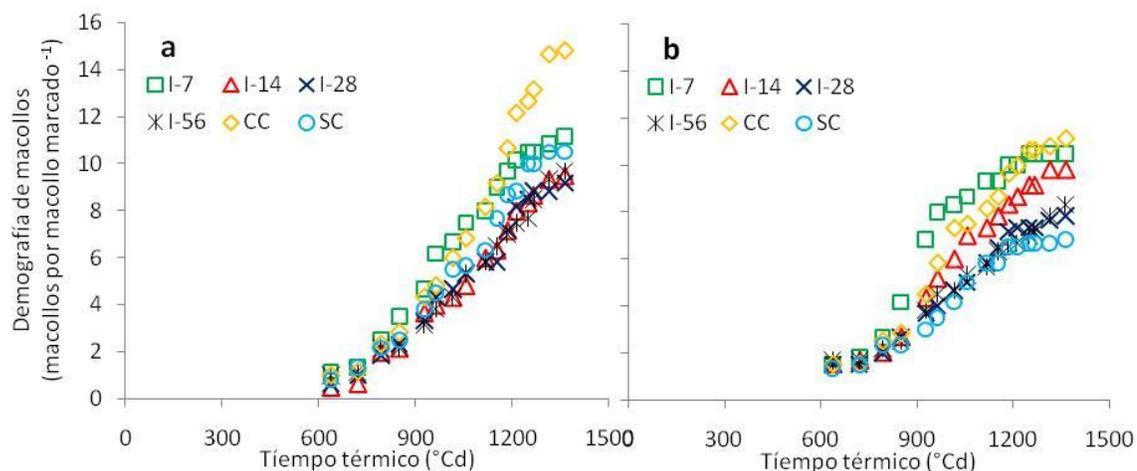


Figura 9: Demografía de macollos (macollos. macollo marcado⁻¹) de, a- agropiro alargado y b- festuca alta, en función del tiempo térmico (° Cd) para los tratamientos de capacidad de campo (CC ◇), secano (SC ○), inundación de siete (I-7 □), catorce (I-14 △), veintiocho (I-28 X) y cincuenta y seis días (I-56 *), desde los 600 hasta los 1400°Cd.

3.7. Altura de individuos

Se hallaron diferencias significativas entre los distintos tratamientos en la altura de los individuos para agropiro alargado ($p < 0,0001$) (Cuadro 6a). Se observó que CC alcanzó la mayor altura promedio a lo largo del período de evaluación ($317 \pm 3,06 \text{ mm.pl}^{-1}$), siendo éste un 7 % superior que el tratamiento de SC ($297 \pm 4,82 \text{ mm.pl}^{-1}$). Mientras que los tratamientos que se encontraron bajo una situación de inundación (en forma temporal o permanente), presentaron los menores valores de altura, dentro de ellos el tratamiento I-7 mostró una mayor altura promedio ($276 \pm 4,44 \text{ mm.pl}^{-1}$), el tratamiento I-28 alcanzó valores intermedios ($261 \pm 4,38 \text{ mm.pl}^{-1}$), mientras que los tratamientos I-14 e I-56 presentaron los menores valores de altura en promedio $242 \pm 5,25 \text{ mm.pl}^{-1}$ (Figura 10a).

Al finalizar el período de evaluación, se hallaron diferencias significativas entre tratamientos para la variable en estudio ($p < 0,0001$), encontrando la menor altura promedio para I-56 ($223 \text{ mm.pl}^{-1} \pm 11,39 \text{ mm.pl}^{-1}$), seguido por los tratamientos I-7, I-14 e I-28 (en promedio $255 \text{ mm.pl}^{-1} \pm 11,37 \text{ mm.pl}^{-1}$). Por su parte, el tratamiento de SC alcanzó en promedio una altura de $290 \pm 12,35 \text{ mm.pl}^{-1}$, un 12% menor a la alcanzada por CC ($326 \text{ mm.pl}^{-1} \pm 4,51 \text{ mm.pl}^{-1}$).

Festuca alta también presentó diferencias significativas en la altura promedio a lo largo del periodo de evaluación, cuando fue sometida a diferentes disponibilidades hídricas ($p < 0,0001$) (Cuadro 6b), hallando para el tratamiento de CC la máxima altura promedio (315 ± 7

mm.pl⁻¹), mientras que SC alcanzó una altura promedio de 295 ± 5,65 mm.pl⁻¹. Los tratamientos que se mantuvieron bajo condiciones de excedentes hídricos, independientemente de la longitud del periodo de inundación, manifestaron una menor altura promedio que los anteriores, encontrando una relación positiva entre la duración del periodo de inundación y la altura promedio alcanzada, mostrando I-28 e I-56 una altura de 268 ± 4,75 mm.pl⁻¹, mientras que I-7 e I-14 presentaron valores medios de 240 ± 5,98 mm.pl⁻¹ (Figura 10b).

Se encontraron diferencias significativas entre los diferentes regímenes hídricos, al finalizar el ensayo, para la altura promedio de individuos (p<0,0001). Se encontró que la mayor altura alcanzada para festuca fue la del tratamiento de CC (362 mm.pl⁻¹ ± 16,22 mm.pl⁻¹) siendo un 19% mayor que los tratamientos SC e I-56 (294,5 mm.pl⁻¹ ± 8,59 mm.pl⁻¹). Por su parte, los tratamientos I-7 e I-28 presentaron valores intermedios (248 ± 11,74 mm.pl⁻¹ y 263 mm.pl⁻¹ ± 17,25 mm.pl⁻¹ respectivamente), mientras I-14 registró la menor altura promedio (231 mm.pl⁻¹ ± 19,37 mm.pl⁻¹).

a

Especie	Tratamientos	Altura de individuos	
		mm/pl ¹	
Agropiro	CC	317,00	A
	SC	297,86	B
	I-7	276,50	C
	I-14	248,55	E
	I-28	261,66	D
	I-56	236,65	E
Significancia		*	
R ²		0,28	
Cv		16,48	
p-valor		0,0001	

b

Especie	Tratamientos	Altura de individuos	
		mm/pl ¹	
Festuca	CC	315,19	A
	SC	295,05	B
	I-7	246,78	D
	I-14	234,09	D
	I-28	263,39	C
	I-56	273,45	C
Significancia		*	
R ²		0,19	
Cv		21,16	
p-valor		0,0001	

Obs.: Letras distintas indican diferencias significativas y ns sin diferencias.

Cuadro 6: Análisis de la varianza y test de comparación de medias de la altura de individuos (mm. pl⁻¹), a-en agropiro alargado y b- festuca alta, en función del tiempo térmico (° Cd) para los tratamientos de capacidad de campo (CC), secano (SC), inundación de siete (I-7), catorce (I-14), veintiocho (I-28) y cincuenta y seis días (I-56).

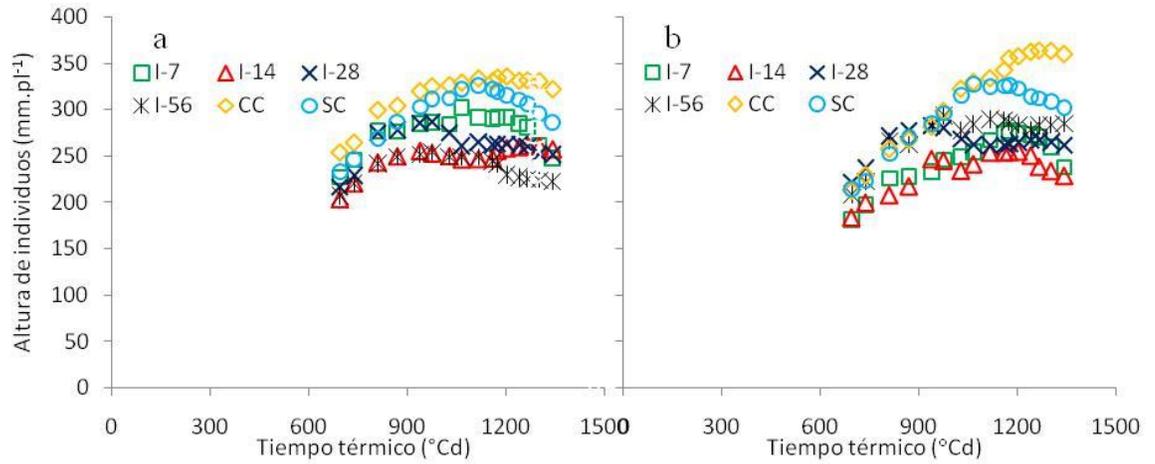


Figura 10: Altura de individuos (mm.pl⁻¹) de, a- agropyro alargado y b- festuca alta, en función del tiempo térmico (° Cd) para los tratamientos de capacidad de campo (CC ◇), secano (SC ○), inundación de siete (I-7 □), catorce (I-14 △), veintiocho (I-28 X) y cincuenta y seis días (I-56 *), desde los 600 hasta los 1400°Cd.

4. DISCUSIÓN

Situaciones de excesos o déficit hídrico, son muy comunes en los sistemas de producción, más aún en los que se encuentran en ambientes halo-hidromórficos, así ambas situaciones pueden ocurrir en el mismo espacio y en tiempos relativamente cortos (Bertram y Chiacchiera, 2013), generando cambios morfo-fisiológicos (Colabelli *et al.*, 1998; Turner y Begg, 1978), disminuyendo la apertura estomática, la expansión foliar, reduciendo el número de hojas vivas por macollo, así como el macollaje y las tasas de crecimiento, debido a la menor cantidad de energía lumínica interceptada, para finalmente reducir la biomasa acumulada (Colabelli *et al.*, 1998; Dardanelli *et al.*, 2003; Golberg *et al.*, 2011).

Existe una diversidad de comportamientos y respuestas en las diferentes especies vegetales frente a procesos de estrés hídrico por inundación/anegamiento o sequía, hallando especies de mayor y menor tolerancia a los mismos, afectando directamente a la biomasa aérea acumulada (Golberg *et al.*, 2011).

Es así, que ante condiciones de déficit hídrico, algunos cultivos de interés agronómico como maíz (Avendaño- Arrazate *et al.*, 2008; Minetti *et al.*, 2006) y soja (Pandey *et al.*, 1983), manifiestan una marcada disminución de la producción de biomasa, mientras que otros como sorgo (Castro Nava *et al.*, 2000), mantienen su producción o la disminuyen levemente. Una respuesta similar se encuentra en especies perennes, como pasto llorón (Colom y Vazzana, 2002; Strizler *et al.*, 2007), digitaria (Strizler *et al.*, 2007) y mijo perenne (Petruzzi *et al.*, 2003; Strizler *et al.*, 2007) tolerando situaciones de estrés hídrico por sequía, no hallando la misma respuesta para ryegrass (Korte y Chu, 1983; Norris y Thomas, 2009) o trébol blanco (Thomas, 1974; Knowles *et al.*, 2003).

Bajo situaciones de excedentes hídricos, la producción de biomasa no se ve afectada marcadamente, en especies forrajeras como festuca (Li *et al.*, 2001) y trébol blanco (Heinrichs, 1970), no así en alfalfa (Barta, 1987), donde se manifiesta una importante reducción. Además, especies como arroz (Suralta y Yamauchi, 2008), se diferencia de aquellas que presentan una elevada disminución en dicho componente frente a esta condición hídrica, como es el caso de soja (Macedo y Terra, 2014) o trigo (Olgun *et al.*, 2008).

En el caso de forrajeras perennes como agropiro alargado y festuca, las mayores acumulaciones de biomasa aérea coincidieron con situaciones en las cuales no se registró estrés hídrico por exceso o defecto (humedad gravimétrica cercana al 25%) (Figura 6), asociado probablemente a una mayor apertura estomática, favoreciendo el proceso fotosintético y

generando mayores tasas de crecimiento (Bertram *et al.*, 2014; Golberg *et al.*, 2011) (Figura 7a y b). Adicionalmente, tanto agropiro como festuca, presentaron una reducción del crecimiento, frente a algún tipo de estrés hídrico (por exceso o defecto).

Sin embargo, es importante destacar, el comportamiento diferencial de festuca y agropiro frente a situaciones de inundación y sequía. Así, festuca bajo condiciones de excedentes hídricos, mostró un mejor comportamiento respecto de la biomasa acumulada, en comparación a las situaciones de déficit hídrico, lo cual puede estar explicado por la formación de aerénquimas, en respuesta a condiciones de saturación (Li *et al.*, 2001), permitiendo la aireación de los órganos y manteniendo su funcionalidad (Golberg *et al.*, 2011; Malcolm *et al.*, 2000). Mientras que para agropiro se observaron mayores acumulaciones de biomasa en situaciones de déficit hídrico, respecto de las de inundación, dicha respuesta fue observada también por otros investigadores (Andrioli *et al.*, 2013; Salguez y Lutz, 2005; Salguez y Lutz, 2006), pudiendo estar asociada a la mayor exploración radicular (Bleby *et al.*, 1997). Adicionalmente, para agropiro alargado no se halló formación de aerénquimas bajo condiciones prolongadas de inundación y anoxia (Sommer *et al.*, 2009), lo cual podría explicar su reducción en el crecimiento bajo estas condiciones.

Dentro de los componentes de rendimiento, se observó que la biomasa aérea acumulada para ambas especies, independientemente de la situación hídrica bajo la cual se desarrollaron, estuvo principalmente asociada a la densidad de individuos y en menor medida al tamaño de los mismos (figura 11a y b), ello pudo estar relacionado con el comportamiento estacional de las forrajeras templadas y a su dinámica de crecimiento, en donde es frecuente hallar una mayor densidad de macollos y menor tamaño de los mismos, durante las etapas otoño-invernales, y viceversa durante las primavera-estivales (Mitchell *et al.*, 1998; Fernández y Alonso, 2000; Borrajo, 2000; Salguez y Lutz, 2005; Salguez y Lutz, 2006). Por otro lado, se observó una relación directa y positiva entre el incremento de macollos y biomasa acumulada para ambas especies, hallando para festuca alta y agropiro alargado un aumento de un gramo en la biomasa acumulada por cada 9 y 11 macollos.maceta⁻¹ respectivamente, para esta etapa de establecimiento (Figura 11a y b). Dicha relación es consistente en otros trabajos realizados sobre forrajeras templadas (Salguez y Lutz, 2006).

La densidad de macollos al finalizar el ensayo mostró diferencias para ambas especies, sobre todo en los tratamientos sometidos a inundación permanente (I-56), así mientras que en festuca se observa una disminución en la densidad de macollos de aproximadamente un 15%, respecto de la condición hídrica ideal (CC), para agropiro alargado esta diferencia fue superior al

50%, lo cual pudo estar asociado a la capacidad diferencial de ambas especies para generar aerénquimas (Sommer *et al.*, 2009; Li *et al.*, 2001; Malcolm *et al.*, 2000) (Figura 8a y b), mientras que cuando se analizan los valores máximos alcanzados en la demografía de macollos para los mismos tratamientos (I-56 y CC) no se encuentran diferencias entre especies, siendo estas cercanas al 40%, hallando para agropiro, consistencia entre los valores obtenidos en las mediciones demográficas y las destructivas de macollos, no ocurriendo lo mismo para festuca, pudiendo estar explicado por algún sesgo en los macollos seleccionados para la medición demográfica.

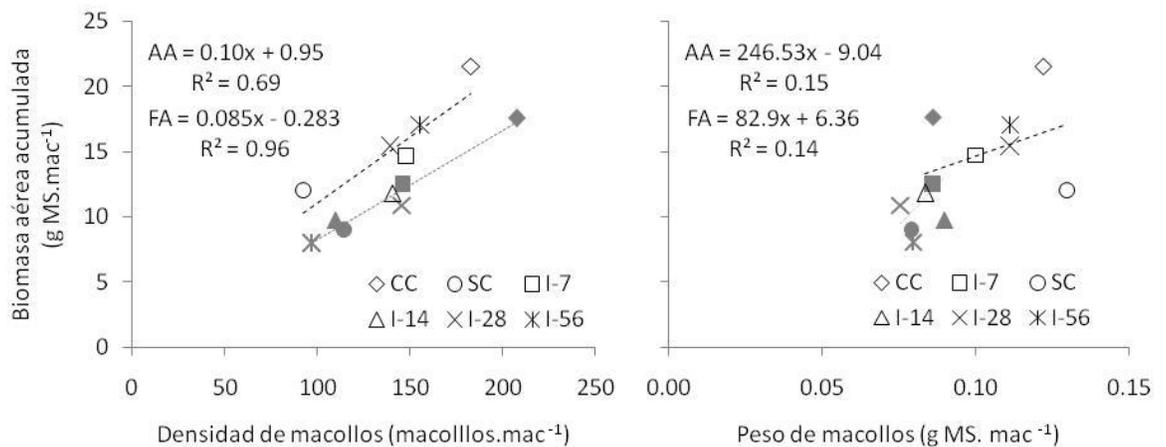


Figura 11: Biomasa aérea acumulada (g MS.mac⁻¹) en función de, a- densidad de macollos (macollos.mac⁻¹) y b- peso de macollos (g MS.mac⁻¹), para los cultivos de agropiro alargado (gris) y festuca alta (blanco), para los tratamientos de capacidad de campo (CC ◇), secano (SC ○), inundación de siete (I-7 □), catorce (I-14 △), veintiocho (I-28 X) y cincuenta y seis días (I-56 *).

En la fase lineal de las mediciones demográficas (desde 800 hasta 1300°Cd), se observaron algunas diferencias entre especies y tratamientos (Figura 9a y b). Así, para agropiro alargado, las mayores tasas de crecimiento se dieron para el tratamiento de CC, encontrando la aparición de un macollo cada 40°Cd acumulados, mientras que para aquellos tratamientos mayormente asociados a un proceso de inundación (I-56, I-28 e I-14), el tiempo térmico necesario para la aparición de cada macollo, fue de 68°Cd, los tratamientos asociados a estrés hídrico por defecto (SC e I-7) presentaron un comportamiento intermedio (56°Cd por macollo aparecido). Para el caso de festuca alta, se observó un comportamiento similar, siendo necesario 54°Cd para incrementar en una unidad la densidad de macollos, para una situación hídrica óptima (CC), mientras que para los tratamientos de SC, I-56 e I-28 se necesitaron

aproximadamente 85°Cd para la aparición de cada nuevo macollo, quedando los tratamientos I-7 e I-14, en una situación intermedia (65°Cd por macollo aparecido).

Vale mencionar que, independientemente del régimen hídrico, las tasas de aparición de macollos (TAM) durante el establecimiento fueron superiores para agropiro respecto de festuca, hallando en la bibliografía ejemplos contrarios (Saccoccia y Scheineter, 2017), mostrando una mayor TAM por parte de festuca respecto a agropiro. Sin embargo, las condiciones ambientales bajo las cuales se desarrollaron estos trabajos comparativos, suelen ser similares a las situaciones de campo, donde se los halla habitualmente, colocando a festuca en ambientes de mayor potencial productivo, respecto de donde se ubica a agropiro, pudiendo esto explicar las mayores tasas de festuca.

Los excedentes hídricos hayan sido permanentes o temporarios, generaron reducciones en la altura final de ambas especies (Figura 10a y b), pudiendo ser explicado por la hipoxia sufrida durante el anegamiento, afectándose de esta manera las raíces de las plantas, lo que provocan de manera indirecta la disminución del crecimiento aéreo (Baruch, 1994).

Si bien, los tratamientos mayormente asociados a estrés por sequía (SC e I-7) tuvieron un mejor comportamiento en altura inicialmente, a partir de los 1200°Cd, manifestaron una caída importante en dicha variable, momento en el cual los mismos alcanzaron una humedad gravimétrica del 15%, lo cual se asocia a una reducción en la tasa de elongación foliar, una menor longitud de la zona de crecimiento, como también de la velocidad de crecimiento (Durand, 1995). De manera similar ocurre en agropiro, donde la sequía reduce la tasa de elongación celular, resultado de la pérdida de turgencia de la célula y la alteración de la extensibilidad de la pared celular en respuesta a una señal hormonal emitida por las raíces (Sanderson *et. al.*, 1997), lo cual podría afectar la altura final de ambas especies.

Es importante destacar que el estrés hídrico por exceso y defecto, afectó el crecimiento tanto de agropiro como de festuca, sin embargo en ninguna de las dos especies redujo el número de plantas, esto pudo deberse a la rusticidad de festuca y agropiro y a su plasticidad para poder adaptarse a diferentes condiciones hídricas o también a que los tratamientos no fueron lo suficientemente extremos (Com. Pers. Bertram, 2017).

5. CONCLUSIONES

Se determinó para ambas especies, que los máximos valores de biomasa aérea acumulada se dieron ante condiciones hídricas óptimas (CC), mostrando reducciones en esta variable bajo situaciones de sequía o inundación, siendo agropiro alargado más afectado ante situaciones de excedentes hídricos que bajo situaciones de sequía, mientras que festuca tuvo un comportamiento inverso.

Para ambas especies, durante la etapa de establecimiento temprano, la biomasa aérea acumulada se asoció principalmente a la densidad de macollos y en menor medida al tamaño de los mismos.

Agropiro alargado presentó mayores tasas de aparición de macollos respecto a festuca alta para la etapa de establecimiento.

Situaciones de estrés hídrico por exceso (inundación) o defecto (sequía) no generaron mortandad de plantas en ninguna de las dos especies estudiadas.

CONCLUSIONES DE LA PRÁCTICA PROFESIONAL

Aspectos laborales

La práctica profesional se desarrolló en gran parte en el área de producción animal, de la Estación Experimental Agropecuaria Marcos Juárez (EEA), debido a que cuentan con todos los elementos necesarios para llevar a cabo los ensayos (laboratorios, salas de estufa, invernáculo, oficinas para el análisis y escritura, etc.).

En las primeras semanas de comienzo de la práctica, se recorrió las diferentes instalaciones que posee la estación, en donde se explicó el funcionamiento y las precauciones que se debía tener en cada uno de ellos, para de esa manera tener libertad de ingreso. Además, se hizo una presentación formal frente al personal que conforma el área de trabajo, con el objetivo no sólo de facilitar el trabajo sino también de poder establecer una comunicación óptima.

Cabe destacar, que siempre se tuvo a disposición todas las herramientas necesarias para llevar adelante tanto los ensayos como así también actividades programadas, contando además con el conocimiento de profesionales y ayudantes de campo, teniéndolos siempre de apoyo para efectuar consultas de manera inmediata.

Las salidas al campo se realizaron por medio de un vehículo oficial de INTA, contando con la participación de todo el grupo de trabajo. En dichas actividades, se hicieron muestreos de biomasa, suelo y napa freática.

Vale resaltar, que se trabajó en un ámbito de trato muy ameno, seguro y de colaboración con todo el personal de INTA. Esto permitió mantener contacto con los 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.

Aspectos profesionales y social-humanos

En este último punto, vale la pena destacar la importancia y el valor de realizar esta práctica profesional en el INTA.

La importancia hace referencia al cumplimiento del desafío personal, ya que es complejo como alumno universitario enfrentarse a la realidad laboral del profesional Ingeniero Agrónomo, sin embargo, esto se superó satisfactoriamente.

Sin lugar a duda, no sólo se valoriza la adquisición de conocimientos sino también aprender como desempeñarse fuera del ámbito académico, reconociendo la importancia y el rol activo que demandan los sistemas de producción, como así también la necesidad de contar siempre con fundamentos técnicos-prácticos.

Además, con este trabajo se pudieron reafirmar y utilizar los conocimientos adquiridos como estudiante y las herramientas que brinda la formación académica.

En el aspecto social-humano, se conocieron a una gran cantidad de personas, profesionales y ayudantes de campo, vinculados o no a la actividad, quienes siempre acompañaron esta instancia.

BIBLIOGRAFÍA

- ANDRIOLI, R.J.; M. MERGHINI; A. BALOGH y S.S. BAIONI. 2013. Tolerancia de Vicia Villosa al estrés hídrico o salino durante la implantación. 36° Congreso Argentino de Producción Animal. Corrientes, 1 al 3 de octubre de 2013. p: 253.
- AVENDAÑO-ARRAZATE, C.H.; J.D. MOLINA-GALAN; C. TREJO- LOPEZ; C. LOPEZ-CASTAÑEDA y J. CADENA-IÑIGUEZ. 2008. Respuesta a altos niveles de estrés hídrico en maíz. *Agronomía Mesoamericana* 19 (1): 27-37.
- BARTA, A.L. 1987. Response of field grown Alfalfa to root waterlogging and shoot removal. I: Plant injury and carbohydrate and mineral content of roots. *Agronomy Journal Abstract* 80 (6): 889-892.
- BARUCH, Z. 1994. Responses to drought and flooding in tropical forage grasses. *Plant and Soil* 164 (1): 97-105.
- BERTRAM, N. y S. CHIACCHIERA. 2013. Ascenso de napas en la Región Pampeana: ¿Consecuencia de los cambios en el uso de la tierra?. En: [http://inta.gob.ar/documentos/ascenso de napas en la región pampeana consecuencia de los cambios en el uso de la tierra](http://inta.gob.ar/documentos/ascenso-de-napas-en-la-region-pampeana-consecuencia-de-los-cambios-en-el-uso-de-la-tierra). Consultado: 10-08-2017.
- BERTRAM, N.; S. ARRIETA y S. CHIACCHIERA. 2014. Estrés hídrico en “agropiro alargado” (*Thinopyrum ponticum*). 37° Congreso Argentino de Producción Animal. Buenos Aires, 20 al 22 de octubre de 2014. p: 147.
- BLEBY, T.M.; M. AUCOTE; A.K. KENETT-SMITH; G.R. WALKER y D.P. SCHACHTMAN. 1997. Seasonal water use characteristics of tall wheat-grass [*Agropyron elongatum* (Host) beauv.]. *Plant cell environ.* 20: 1361-1371.
- BORRAJO, C.I. 2000. Acumulación de materia seca y sus componentes en agropiro durante otoño-invierno y primavera. 23° Congreso Argentino de Producción Animal. Corrientes, 5 al 7 de octubre de 2000. p: 155-156.
- CASTRO NAVA, S.; J. ORTÍZ CERECERES; M. C. MENDOZA CASTILLO y F., ZAVALA GARCÍA. 2000. Producción de biomasa en líneas de sorgo como respuesta al estrés hídrico. *Revista Fitotecnia Mexicana* 23 (2): 321-334.

- COLABELLI, M.; M., AGNUSDEI; A. MAZZANTI y M. LABREVEUX. 1998. *El proceso de crecimiento y desarrollo de gramíneas forrajeras como base para el manejo de la defoliación*. 1^{ra}ed. Ed. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Balcarce, Argentina. 21p.
- COLOM, M.R. y C. VAZZANA. 2002. Water Stress Effects on three cultivars of *Eragrostis curvula*. *Ital. J. Agron.* 6 (2): 127-132.
- DARDANELLI, J.; D. COLLINO; M.E. OTEGUI y V.O. SADRAS. 2003. *Bases funcionales para el manejo del agua en los sistemas de producción de los cultivos de grano*. 1^{er} ed. Libro de Producción de granos. Bases funcionales para su manejo.
- DINGMAN, S. 1993. *Physical hydrology*. 1^{er} ed. Ed. Prentice-Hall, NY, EE.UU.
- DI RENZO, J.A.; F. CASANOVES; M.G. BALZARINI; L. GONZALEZ; M. TABLADA y C.W. ROBLEDO. 2014. InfoStat versión 2014. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- DURAND, J.L. 1995. Drought effects on cellular and spatial parameters of leaf growth in tall fescue. *Issue Cover.* 46 (9): 1147-1155.
- FERNÁNDEZ, J.A. y ALONSO, S.I. 2000. Evolución de la densidad de macollos en agropiro alargado. 23° Congreso Argentino de Producción Animal. Corrientes, 5 al 7 de octubre de 2000. p: 151-152.
- FLOWERS, T.J. y A.R. YEO. 1995. Breeding for salinity resistance in crop plants: where next?. *Aust. J. Plant Physiol.* 22: 875-884.
- FREEZE, R.A. y J.A. CHERRY. 1979. *Groundwater*. 1^{er} ed. Ed. Prentice-Hall, EE.UU. 604p.
- GOLBERG, A.D.; M.A. RUIZ; A. QUIROGA y O.A. FERNÁNDEZ. 2011. *¿Qué le sucede a un cultivo cuando no llueve?*. Ediciones INTA. EEA INTA Anguil Ing. Agr. Guillermo Covas, Anguil, La Pampa, Argentina.
- GORGAS, J. y M. BUSTOS. 2008. Dinámica y evaluación de los suelos de Córdoba con problemas de drenaje, salinidad y alcalinidad. 47-62p. En: Taleisnik, E; K Grunberg & G. Santa María (eds.). *La salinización de suelos en la Argentina: su impacto en la producción agropecuaria*. EDUCC (Editorial Universidad Católica de Córdoba), Córdoba.

HEINRICH, D.H. 1970. Flooding tolerance of legumes. *Canadian Journal of Plant Science* 50 (4): 435-438.

ISTA. 2008. International rules for seed testing. *The International Seed Testing Association*. Bassersdorf, Suiza.

JOBÁCY, E.G.; M.D. NOSETTO; C.S. SANTONI y G. BALDI. 2008. El desafío ecohidrológico de las transiciones entre sistemas leñosos y herbáceos en la llanura Chaco-Pampeana. *Ecología austral* 18 (3): 305-322.

KNOWLES, I.M.; T.J. FRASER y M.J. DALY. 2003. White clover: loss in drought and subsequent recovery. En: https://www.grassland.org.nz/publications/nzgrassland_publication_1675.pdf. Consultado: 05-10-2017.

KORTE, C.J. y A.C.P. CHU. 1983. Some effects of droughts on perennial ryegrass swards. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association* 44: 211-216.

LAVADO, R.S y M.A.TABOADA. 2009. Los procesos de salinización globales y específicos de la pampa húmeda. 1º Congreso de la Red Argentina de Salinidad. Córdoba, Argentina. p: 11.

LI, D.; L. HAN; E. CHRISTIANS y D.D. MINNER. 2001. Morphological changes of tall fescue in response to saturated soil conditions. *International Turfgrass Society Research Journal* 9: 317-322.

MACEDO, I. y J. TERRA. 2014. Respuestas del cultivo de soja al anegamiento. En: <https://www.researchgate.net/publication/275649755>. Consultado: 25-09-2018.

MALCOLM, C.D.; H. CHUAN-JIU y P.G. MORGAN. 2000. Programmed cell death and aerenchyma formation in roots. *Trends in plant science* 5 (3): 123-127.

MINETTI, J.L.; W.M. VARGAS; B. VEGA y M.C. COSTA. 2006. Las sequías en la pampa húmeda: impacto en la productividad del maíz. *Revista Brasileira de Meteorología* 22 (2): 218-232.

MITCHELL, R.B.; L.E. MOSER; K.J. MOORE y D.D. REDFEARN. 1998. Tiller demographics and leaf area index of four perennial pasture grasses. *Agronomy and Horticulture, Faculty Publications*, University of Nebraska, Lincoln, EE.UU. 8p.

MUNNS, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. *View issue TOC* 25: 239-250.

NORRIS I.B. y H. THOMAS. 2009. Recovery of ryegrass species from drought. *The Journal of Agricultural Science* 98 (3): 623-628.

OLGUN, M.; M. KUMLAY; M.C. ADIGUZEL y A. CAGLAR. 2008. The effect of waterlogging in wheat (*T. aestivum*). *Journal Acta Agriculturae Scandinavica. Sec. B Soil & Plant Science* 58 (3).

PANDEY, R.K.; W.A.T. HERRERA y J.W. PENDLETON. 1983. Drought response of grain legumes under irrigation gradient: I. yield and yield components. *Agronomy Journal Abstract* 76 (4): 549-553.

PETRUZZI, H.J.; N.P. STRIZLER; E.O. ADEMA; C.M. FERRI y J.H. PAGELLA. 2003. Mijo perenne - *Panicum coloratum*. En: [http://www.produccionanimal.com.ar/producción y manejo de pasturas/pasturas cultivadas megatermicas/87 publi51.pdf](http://www.produccionanimal.com.ar/produccion_y_manejo_de_pasturas/pasturas_cultivadas_megatermicas/87_publicacion51.pdf). Consultado: 06-10-2017.

RAINS, D.W. 1991. Salinity and alkalinity as an issue in world agriculture. Pp. 19-31. En: Choukr-Allah, R (ed.). *Plant salinity research. New challenges*. Institut Agronomique et veterinaire Hassan II.

RICHARDS, L.A.; L.E. ALLISON; L. BERNSTEIN; C.A. BOWER; J.W. BROWN; M. FIREMAN; J.T. HATCHER y G.A. PEARSON. 1954. *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*. 1^{er} ed. Ed. Agriculture Handbook No.60, United States Salinity Laboratory, Washington, DC. 160p.

SACCOCCIA, M.J. y J.O. SCHENEITER. 2017. El macollaje en festuca alta y agropiro alargado según la defoliación durante el estado reproductivo. En: [https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta pergamino el macollaje de festuca alta y agropiro alargado según la defoliación durante el estado reproductivo](https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_pergamino_el_macollaje_de_festuca_alta_y_agropiro_alargado_según_la_defoliación_durante_el_estado_reproductivo). Consultado: 16-10-2017.

SALGUEZ, M.L. y E.E LUTZ. 2005. Macollaje en agropiro alargado (*Thinopyrum ponticum*). Aparición y muerte de macollas durante un ciclo de crecimiento. 28° Congreso Argentino de Producción Animal. Bahía Blanca, 19 al 21 de octubre de 2005. p: 156-157.

SALGUEZ, M.L. y E.E. LUTZ. 2006. Dinámica poblacional de agropiro alargado (*Thinopyrum ponticum*). Segundo ciclo: modelo estacional. 29° Congreso Argentino de Producción Animal. Mar del Plata, 18 al 20 de octubre de 2006. p: 187-188.

SANDERSON, M.A.; D.W. STAIR y M.A. HUSSEY. 1997. Physiological and Morphological Responses of Perennial Forages to Stress. *Advances in Agronomy* 59: 173-174.

SOMMER J.; E.G. BARRETT-LENNARD y Z. RENGEL. 2009. Impacts of waterlogging and salinity on puccinellia (*Puccinellia ciliata*) and tall wheatgrass (*Thinopyrum ponticum*): zonation on saltland with a shallow water-table, plant growth, and Na⁺ and K⁺ concentrations in the leaves. *Plant and Soil* 329 (1-2): 91-104.

SURALTA, R.R. y A. YAMAUCHI. 2008. Root growth, aerenchyma development, and oxygen transport in rice genotypes subjected to drought and waterlogging. *Environmental and Experimental Botany* 64 (1): 75-82.

STRITZLER, N.P.; H.J. PETRUZZI; C.A. FRASINELLI; J.H. VENECIANO; C.M. FERRI y E.F.VIGLIZZO. 2007. Variabilidad climática en la Región Semiárida Central Argentina. Adaptación tecnológica en sistemas extensivos de producción animal. *Revista Argentina de Producción Animal* 27(2): 111-123.

THOMAS, H. 1974. Effects of drought on growth and competitive ability of Perennial Ryegrass and White Clover. *Journal of Applied Ecology* 21 (2): 591-602.

TURNER, N.C. y J.E. BEGG. 1978. Responses of pasture plants to water deficits. *Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (CSIRO)*:50-66.

VARALLWAY, G. 1981. Extreme moisture regime as the main limiting factor of the fertility of salt affected soils. Proc. of the Hungaro Indian Seminar of Salt affected soils. *Agrokemia es Talajtan* 30: 73-96.

ANEXOS

Cuadro 1. Análisis de la varianza y test de comparación de medias de la biomasa aérea acumulada (g MS. mac⁻¹), a-en agropiro alargado y b- festuca alta, en función de la humedad gravimétrica (%) para los tratamientos de capacidad de campo (CC), secano (SC), inundación de siete (I-7), catorce (I-14), veinte y ocho (I-28) y cincuenta y seis días (I-56).

a-

Análisis de la varianza para agropiro alargado.

Cultivo	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Agropiro	Biomasa aérea	17	0.67	0.52	24.78

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	176.85	5	35.37	4.43	0.0186
Tratamiento	176.85	5	35.37	4.43	0.0186
Error	87.76	11	7.98		
Total	264.61	16			

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=5.28324
Error: 7.9780 gl: 11

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
I-56	8.01	3	1.63	B
SC	9.04	3	1.63	B
I-14	9.75	2	2.00	B
I-28	10.89	3	1.63	B
I-7	12.55	3	1.63	B A
CC	17.61	3	1.63	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

b-

Análisis de la varianza para festuca alta.

Cultivo	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Festuca	Biomasa aérea	17	0.73	0.61	16.59

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	192.30	5	38.46	5.94	0.0067
Tratamiento	192.30	5	38.46	5.94	0.0067
Error	71.17	11	6.47		
Total	263.47	16			

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=4.75781
Error: 6.4701 gl: 11

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
I-14	11.83	3	1.47	C
SC	12.02	3	1.47	C B
I-7	14.70	3	1.47	C B
I-28	15.46	3	1.47	C B
I-56	17.06	2	1.80	B A
CC	21.53	3	1.47	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Cuadro 2. Análisis de la varianza y test de comparación de medias de la densidad de macollos (macollos. mac⁻¹), a-en agropiro alargado y b- festuca alta, en función de la humedad gravimétrica (%) para los tratamientos de capacidad de campo (CC), secano (SC), inundación de siete (I-7), catorce (I-14), veinte y ocho (I-28) y cincuenta y seis días (I-56).

a-

Análisis de la varianza para agropiro alargado.

Cultivo	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Agropiro	N° Macollos	17	0.69	0.54	22.53

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	23324.24	5	4664.85	4.79	0.0144
Tratamiento	23324.24	5	4664.85	4.79	0.0144
Error	10716.00	11	974.18		
Total	34040.24	16			

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=58.38113

Error: 974.1818 gl: 11

Tratamiento	Medias	n	E.E.
I-56	97.00	3	18.02 B
I-14	110.00	2	22.07 B
SC	114.67	3	18.02 B
I-28	145.67	3	18.02 B
I-7	146.33	3	18.02 B
CC	208.00	3	18.02 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

b-

Análisis de la varianza para festuca alta.

Cultivo	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Festuca	N° Macollos	17	0.76	0.64	13.69

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	12939.62	5	2587.92	6.81	0.0040
Tratamiento	12939.62	5	2587.92	6.81	0.0040
Error	4180.50	11	380.05		
Total	17120.12	16			

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=36.46450

Error: 380.0455 gl: 11

Tratamiento	Medias	n	E.E.
SC	92.33	3	11.26 C
I-28	139.33	3	11.26 B
I-14	140.67	3	11.26 B
I-7	148.00	3	11.26 B A
I-56	155.50	2	13.78 B A
CC	183.00	3	11.26 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Cuadro 3. Análisis de la varianza y test de comparación de medias del peso de macollos (g MS. mac⁻¹), a-en agropiro alargado y b- festuca alta, en función de la humedad gravimétrica (%) para los tratamientos de capacidad de campo (CC), secano (SC), inundación de siete (I-7), catorce (I-14), veinte y ocho (I-28) y cincuenta y seis días (I-56).

a-

Análisis de la varianza para agropiro alargado.

Cultivo	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Agropiro	Peso macollos	17	0.12	0.00	20.20

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	3.9E-04	5	7.9E-05	0.29	0.9109
Tratamiento	3.9E-04	5	7.9E-05	0.29	0.9109
Error	3.0E-03	11	2.8E-04		
Total	3.4E-03	16			

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.03103

Error: 0.0003 gl: 11

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
I-28	0.08	3	0.01	A
SC	0.08	3	0.01	A
I-56	0.08	3	0.01	A
I-7	0.09	3	0.01	A
CC	0.09	3	0.01	A
I-14	0.09	2	0.01	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

b-

Análisis de la varianza para festuca alta.

Cultivo	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Festuca	Peso macollos	17	0.46	0.22	18.70

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	4.0E-03	5	8.0E-04	1.91	0.1720
Tratamiento	4.0E-03	5	8.0E-04	1.91	0.1720
Error	4.6E-03	11	4.2E-04		
Total	0.01	16			

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.03823

Error: 0.0004 gl: 11

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
I-14	0.08	3	0.01	B
I-7	0.10	3	0.01	B A
I-28	0.11	3	0.01	B A
I-56	0.11	2	0.01	B A
CC	0.12	3	0.01	A
SC	0.13	3	0.01	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Cuadro 4. Análisis de la varianza y test de comparación de medias de la densidad de plantas (plantas. mac⁻¹), a-en agropiro alargado y b- festuca alta, en función de la humedad gravimétrica (%) para los tratamientos de capacidad de campo (CC), secano (SC), inundación de siete (I-7), catorce (I-14), veinte y ocho (I-28) y cincuenta y seis días (I-56).

a-

Análisis de la varianza para agropiro alargado.

Cultivo	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Agropiro	N° Plantas	17	0.15	0.00	24.69

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	42.72	5	8.54	0.40	0.8369
Tratamiento	42.72	5	8.54	0.40	0.8369
Error	233.17	11	21.20		
Total	275.88	16			

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=8.61171

Error: 21.1970 gl: 11

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
I-56	15.33	3	2.66	A
SC	18.67	3	2.66	A
I-28	19.33	3	2.66	A
CC	19.33	3	2.66	A
I-14	19.50	2	3.26	A
I-7	20.00	3	2.66	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

b-

Análisis de la varianza para festuca alta.

Cultivo	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Festuca	N° Plantas	17	0.09	0.00	22.72

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	19.06	5	3.81	0.21	0.9514
Tratamiento	19.06	5	3.81	0.21	0.9514
Error	200.00	11	18.18		
Total	219.06	16			

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=7.97574

Error: 18.1818 gl: 11

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
CC	17.33	3	2.46	A
I-56	18.00	2	3.02	A
SC	18.00	3	2.46	A
I-14	19.00	3	2.46	A
I-7	19.67	3	2.46	A
I-28	20.33	3	2.46	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Cuadro 5. Análisis de la varianza y test de comparación de medias de la demografía poblacional (macollos, macollo marcado¹), a-en agropiro alargado y b- festuca alta, en función del tiempo térmico (° Cd) para los tratamientos de capacidad de campo (CC), secano (SC), inundación de siete (I-7), catorce (I-14), veinte y ocho (I-28) y cincuenta y seis días (I-56).

a-

Análisis de la varianza para agropiro alargado.

Cultivo	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Agropiro	Mac.Tot.	- 1 576	0.04	0.04	72.64

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	532.41	5	106.48	5.28	0.0001
Tratamiento	532.41	5	106.48	5.28	0.0001
Error	11495.45	570	20.17		
Total	12027.86	575			

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.27314

Error: 20.1675 gl: 570

Tratamiento	Medias	n	E.E.		
I-56	5.32	96	0.46	C	
I-14	5.34	96	0.46	C	
I-28	5.36	96	0.46	C	
SC	6.18	96	0.46	C	B
I-7	7.08	96	0.46		B A
CC	7.80	96	0.46		A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

b-

Análisis de la varianza para festuca alta.

Cultivo	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Festuca	Mac.Tot.	- 1 576	0.08	0.08	61.55

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	706.29	5	141.26	10.40	<0.0001
Tratamiento	706.29	5	141.26	10.40	<0.0001
Error	7745.65	570	13.59		
Total	8451.94	575			

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.04506

Error: 13.5889 gl: 570

Tratamiento	Medias	n	E.E.		
SC	4.67	96	0.38	C	
I-56	5.11	96	0.38	C	
I-28	5.13	96	0.38	C	
I-14	6.28	96	0.38		B
CC	7.08	96	0.38		B A
I-7	7.67	96	0.38		A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Cuadro 6. Análisis de la varianza y test de comparación de medias de la demografía poblacional para las dos últimas fechas (macollos. macollo marcado¹), a-en agropiro alargado y b- festuca alta, en función del tiempo térmico (° Cd) para los tratamientos de capacidad de campo (CC), secano (SC), inundación de siete (I-7), catorce (I-14), veinte y ocho (I-28) y cincuenta y seis días (I-56).

a-

Análisis de la varianza para agropiro alargado.

Cultivo	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Agropiro	Mac.Tot.	- 1 72	0.14	0.08	46.11

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	270.11	5	54.02	2.22	0.0624
Tratamiento	270.11	5	54.02	2.22	0.0624
Error	1605.17	66	24.32		
Total	1875.28	71			

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=4.01972
Error: 24.3207 gl: 66

Tratamiento	Medias	n	E.E.		
I-28	9.00	12	1.42	A	
I-14	9.42	12	1.42	A	
I-56	9.50	12	1.42	A	
SC	10.50	12	1.42	A	
I-7	11.00	12	1.42	A	B
CC	14.75	12	1.42		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

b-

Análisis de la varianza para festuca alta.

Cultivo	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Festuca	Mac.Tot.	- 1 72	0.16	0.09	42.04

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	172.90	5	34.58	2.42	0.0445
Tratamiento	172.90	5	34.58	2.42	0.0445
Error	942.08	66	14.27		
Total	1114.99	71			

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=3.07950
Error: 14.2740 gl: 66

Tratamiento	Medias	n	E.E.			
SC	6.75	12	1.09	A		
I-28	7.75	12	1.09	A	B	
I-56	8.08	12	1.09	A	B	C
I-14	9.83	12	1.09		B	C
I-7	10.50	12	1.09		B	C
CC	11.00	12	1.09			C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Cuadro 7. Análisis de la varianza y test de comparación de medias de la altura de individuos (mm. pl⁻¹), a-en agropiro alargado y b- festuca alta, en función del tiempo térmico (° Cd) para los tratamientos de capacidad de campo (CC), secano (SC), inundación de siete (I-7), catorce (I-14), veinte y ocho (I-28) y cincuenta y seis días (I-56).

a-

Análisis de la varianza para agropiro alargado.

Cultivo	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Agropiro	Altura	576	0.28	0.27	16.48

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	442991.64	5	88598.33	43.74	<0.0001
Tratamiento	442991.64	5	88598.33	43.74	<0.0001
Error	1154644.59	570	2025.69		
Total	1597636.23	575			

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=12.75960
Error: 2025.6923 gl: 570

Tratamiento	Medias	n	E.E.			
I-56	236.65	96	4.59	E		
I-14	248.55	96	4.59	E		
I-28	261.66	96	4.59		D	
I-7	276.50	96	4.59			C
SC	297.86	96	4.59			B
CC	317.00	96	4.59			A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

b-

Análisis de la varianza para festuca alta.

Cultivo	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Festuca	Altura	576	0.19	0.18	21.16

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	436127.88	5	87225.58	26.45	<0.0001
Tratamiento	436127.88	5	87225.58	26.45	<0.0001
Error	1879402.41	570	3297.20		
Total	2315530.29	575			

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=16.27882
Error: 3297.1972 gl: 570

Tratamiento	Medias	n	E.E.			
I-14	234.09	96	5.86	D		
I-7	246.78	96	5.86	D		
I-28	263.39	96	5.86		C	
I-56	273.45	96	5.86		C	
SC	295.05	96	5.86			B
CC	315.19	96	5.86			A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Cuadro 8. Análisis de la varianza y test de comparación de medias de la altura de individuos (mm.pl^{-1}), a-en agropiro alargado y b- festuca alta, en función del tiempo térmico ($^{\circ}\text{Cd}$) para los tratamientos de capacidad de campo (CC), seco (SC), inundación de siete (I-7), catorce (I-14), veinte y ocho (I-28) y cincuenta y seis días (I-56).

a-

Análisis de la varianza para agropiro alargado.

Cultivo	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Agropiro	Altura	72	0.44	0.40	14.39

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	77375.90	5	15475.18	10.43	<0.0001
Tratamiento	77375.90	5	15475.18	10.43	<0.0001
Error	97940.42	66	1483.95		
Total	175316.32	71			

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=31.39906

Error: 1483.9457 gl: 66

Tratamiento	Medias	n	E.E.			
I-56	223.08	12	11.12	A		
I-28	252.08	12	11.12	A	B	
I-7	254.25	12	11.12	A	B	
I-14	259.50	12	11.12		B	C
SC	290.67	12	11.12			C
CC	326.33	12	11.12			D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

b-

Análisis de la varianza para festuca alta.

Cultivo	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Festuca	Altura	72	0.45	0.40	17.62

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	131678.78	5	26335.76	10.62	<0.0001
Tratamiento	131678.78	5	26335.76	10.62	<0.0001
Error	163643.17	66	2479.44		
Total	295321.94	71			

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=40.58678

Error: 2479.4419 gl: 66

Tratamiento	Medias	n	E.E.			
I-14	231.33	12	14.37	A		
I-7	248.75	12	14.37	A	B	
I-28	263.33	12	14.37	A	B	
I-56	284.33	12	14.37		B	C
SC	305.42	12	14.37			C
CC	362.00	12	14.37			D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

