



Universidad Nacional del Nordeste



Facultad de Ciencias Agrarias

# Trabajo Final de Graduación

## Modalidad Tesina

---

“Efecto de la Inundación Sobre la Producción de Biomasa en Diferentes Niveles de Ploidía de *Acroceras macrum* (Stapf)”

Autor: Pastori, Jorge Antonio

Asesor: Ing. Agr. M. Sc. Fernández, Juan Alfredo

Año 2021

# Índice

Resumen .....	2
Introducción.....	3
Objetivos.....	5
Objetivo general .....	5
Objetivos específicos .....	5
Antecedentes.....	6
Materiales y Métodos .....	7
Resultados y Discusión .....	10
Conclusiones .....	18
Anexo.....	19
Tablas.....	19
Imágenes .....	24
Bibliografía.....	27

# “Efecto de la Inundación Sobre la Producción de Biomasa en Diferentes Niveles de Ploidía de *Acroceras macrum* (Stapf)”

## 1. Resumen

El estudio de las especies forrajeras brinda información y herramientas que ayudan a tomar decisiones a técnicos y productores sobre el uso potencial de cada especie y también a adecuar el manejo según las necesidades de cada una de ellas. Con el objeto de evaluar el efecto de la inundación sobre la producción de biomasa en dos niveles de ploidía de *Acroceras macrum* (Pasto Nilo) se llevó a cabo este trabajo realizado en la Estación Experimental Agropecuaria Corrientes del INTA y en el Departamento de Física y Química de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNNE, utilizando 96 macetas de plantas para determinar la producción y 40 macetas para evaluar el crecimiento. Se midió la producción de materia seca cada 28 a 30 días aproximadamente, mediante métodos destructivos y el crecimiento de los componentes de la producción cada 4 días. Los tratamientos utilizados fueron diferentes condiciones de crecimiento, Inundación (INU) y Capacidad de Campo (CC), con dos niveles de ploidía (tetraploide y hexaploide). Los resultados fueron analizados con ANOVA y test de Tukey en Infostat (2017). La producción de materia seca (MS) de la parte aérea en ambos materiales registraron un 50 % más de biomasa cuando las plantas crecieron en condiciones de inundación (Tetraploide en INU: 3.315 Kg/MS/ha, en CC: 2.216 Kg/MS/ha. Hexaploide en INU: 2.954 Kg/MS/ha, en CC: 1.965 Kg/MS/ha). Se observó que las plantas producían entre 4 a 5 macollos, y se registró diferencias en cantidad de macollos según la ploidía y la condición de humedad del suelo (el material Tetraploide produjo 3% más de macollos en CC mientras que el Hexaploide produjo un 11,2 % más en INU) y cantidad de hojas verdes cuando las plantas crecieron en Inundación (el Hexaploide produjo 23,6 % más de hojas verdes mientras que el Tetraploide produjo 7,6 % más).

Se concluye que la producción de biomasa y sus componentes incrementa en condiciones de inundación.

## 2. Introducción

La producción ganadera del NEA se basa, tradicionalmente, en el uso de los pastizales naturales y sólo se cultivan especies forrajeras en aproximadamente un 10% del área ganadera. La carga típica para el pastizal natural de esta región es 0,5 vacas/ha, este valor puede incrementarse para hacer un uso más eficiente de la tierra mediante la incorporación de pasturas adaptadas a las condiciones específicas que presentan sus diferentes ambientes (Ferrari Usandizaga, 2017).

Las gramíneas megatérmicas perennes y los cultivos anuales de invierno y de verano, conforman recursos forrajeros valiosos porque son los que aportan forraje de calidad y en cantidad y complementan la vegetación natural, que es el principal recurso de las regiones ganaderas del norte y centro oeste de la Argentina. Dada la diversidad de ambientes y sistemas de producción que predominan en ambas regiones, las funciones que cumplen estas especies son variadas, aunque hay dos aspectos comunes: el de aumentar la receptividad de los sistemas ganaderos extrapampeanos y el de permitir un manejo sustentable de los recursos naturales. La incorporación de estas especies en los sistemas de producción, tradicionales o intensificados, ofrecen una diversidad de beneficios que pueden agruparse en “servicios” como ser, a modo de ejemplo, el de permitir una manejo sustentable del campo natural, acumular, conservar o transferir forraje para mejorar la oferta forrajera en épocas críticas del año, mejorar la calidad de la oferta y desempeño animal en regiones con excesos de humedad edáfica, incrementar la oferta de forraje en sistemas silvo y agro - silvopastoriles o donde la productividad del recurso natural es muy escasa o en condiciones de fertilidad natural del suelo deficientes (Avila y col., 2014).

*Acroceras macrum* es una especie C3 perenne originaria de regiones húmedas, tropicales y subtropicales, de África, donde coloniza ambientes húmedos como los puntos más bajos de pantanos y riberas de ríos (Skerman y Riveros, 1992). Sus destacables propiedades nutricionales se traducen en producción de carne, y su excelente adaptación a regiones con problemas de anegamiento del nordeste de nuestro país, la convierten en una especie de especial interés para ser incorporada en los sistemas ganaderos de estas regiones (Ferrari Usandizaga, 2015). Es de crecimiento estival, rizomatosa y estolonífera, se caracteriza por ser una de las pocas especies estivales carbono tres (C3) (Goldfarb, 2011).

Crece naturalmente, con una preferencia por las regiones altas (de 1000 a 2.000 msnm), en el fondo de valles que se inundan estacionalmente, sobre márgenes de ríos, en esteros y en pastizales húmedos. Requiere humedad acumulada, ya que es poco tolerante a la sequía, pero tolera bien la inundación estacional, por lo cual generalmente crece en regiones con un régimen pluvial entre 625 a 1500 mm anuales de lluvia. En cuanto a los tipos de suelo, crece bien en texturas franco arenosas, franco arcillosas, y franco limosas. Sus estolones y rizomas le proveen de gran habilidad para expandirse por el terreno, siendo la multiplicación vegetativa su modo habitual de propagación. Los diferentes ecotipos y líneas difieren en sus requerimientos de temperatura, pero en general parecen preferir condiciones climáticas subtropicales y son afectados por el frío durante el invierno, aunque toleran bajas temperaturas por períodos cortos pero con una reducción de su

productividad (Rhind y Goodenough, 1979. Skerman y Riveros, 1990; Ferrari Usandizaga, 2015).

Su baja producción de semillas es un limitante para su adopción (Ferrari Usandizaga, 2015), a pesar de ello técnicos y productores utilizan diferentes técnicas para lograr su implantación de forma agámica, a través de sus rizomas y estolones. Por este motivo también se hace importante el estudio de las características morfológicas que lo caracterizan en las diferentes condiciones donde puede crecer.

Una de las principales características de las gramíneas forrajeras tropicales que garantiza su persistencia después del corte y/o pastoreo es la capacidad de regenerar el tejido foliar, que se produce a partir de la emisión de hojas de los meristemas apicales que se encuentran por debajo del plano de corte, de los meristemas remanentes y/o de las estructuras que presentan tejido meristemático, las yemas axilares, mediante macollamiento. Así, la importancia del proceso de macollamiento es evidente, cuando se elimina el meristema apical (De Paula Freitas, 2000).

Los pastizales húmedos están frecuentemente expuestos a inundaciones de intensidad y duración variables, resultado de fuertes precipitaciones, topografía plana o pobres condiciones de drenaje en el suelo (Soriano, 1991. Lenssen y col., 2004; Imaz, 2012).

Según diferentes autores (Armstrong, 1979; Colmer, 2003; Voesenek y col., 2006), la inundación provoca una reducción de la disponibilidad de oxígeno en el suelo, afectando negativamente el crecimiento y la supervivencia de las plantas.

El término inundación, aplicado al estudio de las plantas, se refiere a un tipo de estrés en el que el exceso de agua reemplaza los espacios de aire que rodean las raíces y/o brotes ocasionando condiciones de anaerobiosis, es decir una deficiencia de oxígeno en la raíz o en toda la planta (Voesenek y Bailey-Serres, 2015). Esta condición es consecuencia de la formación de una película de agua sobre el suelo que provoca una caída abrupta en la tasa de intercambio de gases entre el suelo y la atmósfera (Armstrong, 1980; citado en Iturrealde Elortegui, 2018).

La falta de oxígeno en las raíces causada por la inundación desencadena en las plantas respuestas morfológicas, anatómicas y fisiológicas asociadas con la supervivencia en tales condiciones (Armstrong, 1979; Insausti y col., 2001; Striker y col., 2005; Colmer y Voesenek, 2009). Uno de los cambios morfológicos más importantes es la generación de raíces adventicias de alta porosidad, que le permiten a las plantas continuar con la absorción de agua y nutrientes durante la inundación (Visser y col. 1996; Shimamura y col. 2007). En las raíces de las especies tolerantes a la inundación la respuesta anatómica de mayor relevancia es la formación de aerénquima (Justin y Armstrong, 1987. Citado en Manzur, 2012).

Resulta fundamental conocer, en la planta forrajera, su morfología, fisiología y, principalmente, la manera en que interactúa con el medio ambiente, de modo de manejar eficientemente las pasturas, procurando maximizar la producción y utilización del forraje, y mantener su estabilidad a lo largo del tiempo (De Moura Zanine y col. 2005). El conocimiento de las variables morfogenéticas y cómo las mismas son afectadas por las condiciones del ambiente permite deducir los manejos más adecuados para cada genotipo (Saldanha y col. 2013. Citado por Ruolo, 2017).

### 3. Objetivos

La información que se pretende obtener en este trabajo está en relación a la adaptación de *Acroceras macrum* a situaciones de anegamiento del suelo, lo cual es un requisito para definir los ambientes en los que tendría mayor potencial de producción. También se pretende estudiar las diferencias en cuanto a producción y adaptación entre dos materiales de diferente nivel de ploidía. Esto se traduce en información valiosa para los productores y para quienes estén interesados en utilizar el Pasto Nilo como recurso forrajero.

#### 3.1. Objetivo general

- Evaluar el efecto de la inundación sobre la producción de biomasa en dos niveles de ploidía de *Acroceras macrum* (Pasto Nilo).
- 

#### 3.2. Objetivos específicos

- Determinar la producción de biomasa de *Acroceras macrum* (Pasto Nilo) en diferentes niveles de ploidía.
- Determinar el efecto de la inundación sobre la producción de biomasa de raíces y parte aérea de *Acroceras macrum* (Pasto Nilo) en diferentes niveles de ploidía.

En función de los objetivos mencionados, se plantean las siguientes hipótesis:

Hipótesis 1: La producción de biomasa se ve incrementada en plantas de *Acroceras macrum* que crecen en condiciones de anegamiento.

Hipótesis 2: La producción de biomasa no varía con los niveles de ploidía de *Acroceras macrum* cuando las plantas crecen en condiciones de anegamiento.

#### 4. Antecedentes

En lo que respecta a información precedente sobre Pasto Nilo hay que destacar los trabajos realizados en la EEA Corrientes del INTA, puesto que la mayor parte de la bibliografía a nivel nacional que hoy se encuentra disponible es fruto de dichos trabajos. En dicha experimental se han realizado muchos avances en el estudio genético de Pasto Nilo, como así también trabajos sobre el efecto de la fertilización sobre la producción de forraje. Cabe destacar también los trabajos realizados por la EEA Mercedes, entre los cuales se pueden encontrar importantes trabajos acerca de producción secundaria sobre Pasto Nilo.

En la década del 70' el *Agricultural Research Council* (ARC) desarrolló un programa de mejoramiento a partir del cual se colectó material de distintas poblaciones africanas, se realizaron evaluaciones agronómicas y se lograron cruzamientos fértiles, aunque de baja eficiencia reproductiva. Como producto de ese programa, lograron inscribir el único cultivar comercial de la especie que existe hasta la actualidad, que recibió el nombre "Cedara Select" de propagación clonal. Durante las décadas de los 80'- 90', productores del nordeste de Argentina, importaron el cultivar (cv) Cedara Select y comenzaron las primeras evaluaciones en las EEA INTA Corrientes e INTA Mercedes. De estas evaluaciones se pudo obtener importante información, como las diferencias en producción de carne con Pasto Nilo versus los pastizales naturales en la zona de malezales del NEA: 256 Kg/ha/año con Pasto Nilo contra 30 y 90 Kg/ha/año obtenida con los pastizales naturales (Rhind y Goodenough, 1979. Royo Pallares y Altuve, 2000. Citado en Ferrari Usandizaga, 2017).

En 1995, profesionales del INTA introdujeron 57 líneas experimentales del ARC en Corrientes. Recién en 2011, se inician los estudios básicos necesarios para dar inicio al programa de mejoramiento de *Acroceras macrum* del INTA Corrientes, incluyendo los niveles de ploidía, la diversidad genética del material y estudios reproductivos (fertilidad, modo de reproducción, sistema de polinización) (Ferrari Usandizaga, 2015). Hasta ese momento, los pocos antecedentes de estudios realizados en la especie, se limitaban a algunos conteos cromosómicos (Rhind y Goodenough, 1976; Moffett y Hurcombe, 1949), las evaluaciones de los cruzamientos realizadas en Sud África con fines de mejoramiento (Rhind y Goodenough, 1976) y algunas evaluaciones agronómicas, casi siempre utilizando el cultivar Cedara Select (Rhind y Goodenough, 1979; Theron y Arnott, 1979; Brockett y Gray, 1984; Rethman y de Witt, 1988; Gertenbach y col., 1995; Gertenbach y van Henning, 1995a, 1995b; Van Schalkwyk y Gertenbach, 2000; Royo Pallares y Altuve, 2000; Royo Pallares y Goldfarb, 2000; Cassel Rodriguez y col., 2004; Cassel Rodriguez y col., 2005). Hasta entonces no se habían hecho los estudios básicos completos de los aspectos reproductivos y la diversidad genética del material, necesarios para iniciar adecuadamente el mejoramiento de la especie. (Ferrari Usandizaga, 2017).

La producción de materia seca de esta especie ha sido poco medida en las colecciones iniciales, en áreas de malezal se registraron rendimientos entre 3500 a

5000 kg de MS/ha/año. La producción animal de esta forrajera se ha evaluado durante 10 años en la Estancia Santa Clara y Yuquerí en Mercedes, Corrientes. La ganancia de peso promedio fue de 167 kg/vaquilla/año a una carga de 1,52 vaq/ha/año, eso dio como resultado una producción de 256 kg de carne/ha/año. (Royo Pallarés y Altuve, 2000).

Con el cv Cedara Select, dependiendo de las condiciones ambientales y el manejo se puede alcanzar los 5.000 Kg/ha (Royo Pallares y Goldfarb, 2000). En cuanto a la calidad nutricional, el cv Cedara Select, presentó contenidos de PB de 17% promedio en hojas, 7% promedio en tallo y 10,5% promedio de la porción aérea; con un 2,85 Mcal/Kg promedio de Energía Digestible (Gándara y col., 2016).

## 5. Materiales y Métodos

El experimento se llevó a cabo en la Estación Experimental Agropecuaria Corrientes del INTA, ubicada sobre Ruta Nacional Nº 12, km 1008 El Sombrero ( $27^{\circ}400\text{ S}$ ,  $58^{\circ}450\text{ W}$ ) y el Laboratorio de Química Analítica y Agrícola perteneciente al Departamento de Física y Química de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNNE, donde se realizaron las determinaciones de Materia Verde y Materia Seca, como así también el secado de las muestras.

Los materiales de Pasto Nilo se seleccionaron del jardín donde se encuentran las acciones colectadas en el programa de mejoramiento de *Acroceras macrum* de la EEA Corrientes del INTA (Imágenes 1 y 2. Anexo).

Se comparó la producción de biomasa de dos materiales genéticos en dos situaciones de humedad del suelo, a Capacidad de Campo (CC) e Inundación (INU) y también se compararon parámetros con respecto a número de macollos y de hojas.

La obtención de plantines se realizó a partir de trozos de tallos (estolones) de plantas establecidas. Para obtener cada plantín se seleccionó un estolón entero el cual fue separado de la planta madre en el segundo entrenudo contado desde la superficie del suelo (Imágenes 3 y 4. Anexo), los cuales se plantaron en macetas de 2 litros, con un sustrato compuesto por 50% de suelo originario de la parcela de campo donde está establecido el cultivar y 50% de arena. La mezcla de suelo se debe a que el suelo originario tiene alto contenido de arcilla, lo que dificultaría la cosecha de raíces, generando pérdida de las mismas.

A medida que los tallos comenzaron a brotar se seleccionó el macollo más próximo a la superficie del suelo y se cortaron el resto a fin de iniciar el crecimiento de la planta de un solo macollo. Una vez transcurrido el tiempo de aclimatación (20 días), se seleccionaron 96 macetas para realizar muestreos destructivos y 40 macetas para registros de crecimiento fenológico, se tuvo en cuenta que las mismas posean similares condiciones de crecimiento y estado fenológico, luego se realizó un corte de emparejamiento. El criterio de selección de las plantas para el ensayo fue

que las mismas sean homogéneas en cuanto a tamaño, particularmente al diámetro de la base de la planta.

El Diseño Experimental que se utilizó fue un completamente aleatorizado (DCA) con muestras repetidas en el tiempo, con 2 niveles de ploidía y 2 condiciones hídricas de suelo, conformando un factorial (2x2) logrando 4 tratamientos y ocho repeticiones para evaluación de producción, y 10 repeticiones para evaluación de crecimiento fenológico.

Las macetas fueron identificadas por nivel de ploidía y se enumeraron de manera continua, luego se aleatorizaron para distribuir el tratamiento de Inundación y de Capacidad de Campo, de tal manera que todas las repeticiones de cada tratamiento estuvieran distribuidas correctamente en cada maceta.

Los tratamientos se aplicaron de la siguiente manera, en las situaciones de inundación, las macetas se mantuvieron desde el inicio del experimento inundadas con una lámina de agua de 5 cm sobre la superficie del suelo. Para lograr la condición de inundación, las macetas fueron revestidas con una bolsa de polietileno y se las colocó dentro de otra maceta del mismo volumen, para asegurar que el agua permaneciera dentro de la misma y se mantenga la lámina de agua de 5 centímetros por encima del nivel del suelo (Imagen 5. Anexo). Las macetas para la situación de CC eran regadas hasta que iniciaba el escurrimiento por debajo de las mismas, estimando que luego se mantenían con un contenido hídrico cercano a Capacidad de Campo.

Las macetas estuvieron a cielo abierto, sobre una mesada elevada a un metro de altura sobre el suelo. Fueron monitoreadas periódicamente para asegurar que las condiciones hídricas en cada tratamiento sean las adecuadas.

Tratamiento con los niveles de ploidía: se seleccionaron dos materiales genéticos de diferentes grados de ploidía de *Acroceras macrum*:

Un tetraploide  $2n=4x=36$

Un hexaploide  $2n=6x=54$  (Cv. Cedara Select)

Ambos niveles de ploidía fueron sometidos a los tratamientos de Capacidad de Campo e Inundación.

Se seleccionaron dichos materiales, debido a que el Hexaploide es el denominado “Cedara Select”, material que fue difundido y es el que principalmente se encuentra implantado en la región; y el Tetraploide se eligió ya que posee un número cromosómico diferente y permitiría investigar si los tratamientos tienen efectos diferenciales sobre las distintas ploidías.

El experimento inició luego de que las plantas superaron el tiempo de aclimatación (20 días, se determinó en función de la evolución de las plantas), en este momento se realizó un corte de emparejamiento para que todas las plantas inicien el experimento en iguales condiciones; se aleatorizaron los tratamientos y se los aplicó a las macetas según correspondía. Una vez que los macollos y las plantas

comenzaron su crecimiento se fueron tomando los siguientes datos y medidas con un intervalo de 4 días:

- Número de macollos totales
- Número de macollos nuevos
- Número de macollos por estolón
- Número de macollos muertos
- Número de hojas
- Número de hojas muertas

Estos datos fueron tomados de plantas cuyas macetas se identificaron al inicio del experimento. Se identificaron 20 macetas por cada nivel de ploidía (10 macetas por tratamiento dentro de cada nivel de ploidía) y se les hizo el seguimiento y toma de datos. Todos los datos se registraban y luego eran cargados a una tabla Excel para una mejor organización de los mismos.

Se consideró macollos nuevos a todos aquellos macollos que aparecían entre dos registros consecutivos.

A partir de los datos registrados de número de hojas totales y número de hojas muertas, se calculó el número de hojas verdes.

Se cosecharon 16 plantas al inicio del experimento y 8 plantas en cada una de las cosechas posteriores, todas ellas seleccionadas al azar de cada ambiente de crecimiento y de cada nivel de ploidía. El momento de realizar las cosechas fue determinado por la suma térmica de 270 C°. Se totalizaron tres muestreros al final del experimento.

Las macetas que salían sorteadas eran llevadas al laboratorio y se procedía de la siguiente manera: se quitaba la maceta y luego se desarmaba cuidadosamente el pan de tierra, se lo colocaba en un balde con agua para facilitar el lavado de raíces y se iban sacando las plantas con sus raíces, se las dejaba escurrir y luego se cortaban todas las raíces desde su base. Cada planta cosechada se separó en 2 compartimentos: “raíces” y “parte aérea” que se pesaron individualmente y luego fueron agrupados en biomasa aérea y biomasa subterránea (Imagen 6. Anexo). La biomasa verde aérea incluyó toda la biomasa correspondiente a vainas, láminas, macollos completamente expandidos, vástagos florales y rizomas, la biomasa subterránea incluyó la biomasa de raíces.

Una vez separados, cada compartimento de biomasa fue identificado y secado en estufa a una temperatura de 60 °C por 72 hs y luego fue pesado, para obtener la materia seca (MS) de cada componente.

Se calcularon las tasas de crecimiento (TC (Kg de MS Ha-1 día-1)) para los cuatro tratamientos durante el ciclo del ensayo. Los cálculos se realizaron con los datos de biomasa total de la parte aérea y los días transcurridos durante dicho crecimiento. Cabe mencionar que como el trabajo experimental se realizó con plantas de Pasto Nilo en macetas, no fue posible determinar la densidad de macollos a campo, por lo que se tomó como referencia una densidad normal para el cultivo de arroz, considerando que es una planta similar en su anatomía, fisiología y época de

crecimiento al Pasto Nilo, y que se llega a dicha densidad luego de que cada planta produce macollos y se genera una competencia entre ellos, si bien es cierto que la producción de macollos no tiene un mismo origen en ambas especies, se lo utilizó para tener un patrón, también cabe mencionar que se pretende mostrar las diferencias entre tratamientos.

Para todos los análisis estadísticos se utilizó el programa Infostat, versión 2017 (Di Rienzo y col. 2017). Se realizó análisis de la varianza y se compararon las medias a través del método de Tukey. También se trabajó con Excel (2013) para la organización de los datos, cálculo de fórmulas y realización de gráficos.

## 6. Resultados y Discusión

El crecimiento y desarrollo de la mayoría de las especies vasculares de plantas es reducido por el suelo inundado, y particularmente por la sumersión completa. Sin embargo, numerosas especies son altamente productivas en áreas sujetas a inundación (Bailey-Serres y Voesenek, 2008; 2010. Colmer, 2005. Citado en Imaz, 2012).

### Producción de Biomasa Aérea

Los resultados obtenidos muestran que la biomasa de la parte aérea del Pasto Nilo es diferente en los distintos niveles de ploidía cuando crece en condiciones de inundación. Ambos materiales registraron un 50 % más de biomasa cuando las plantas crecieron en condiciones de inundación (INU) respecto al crecimiento de capacidad de campo (CC) (Gráfico 1a).

Al realizar el análisis de la varianza (ANOVA) no se encontró interacción entre las fuentes de variación (Tratamiento\*Ploidía) ni tampoco diferencias significativas para ploidía, pero sí se encontraron diferencias significativas ( $p<0,05$ ) para los tratamientos de condición hídrica del suelo (CC e INU) (Tabla 1a, Anexo). Cuando se realizó el análisis de comparación de medias se encontró que el tratamiento de INU es significativamente superior al de CC (Tabla 1b).

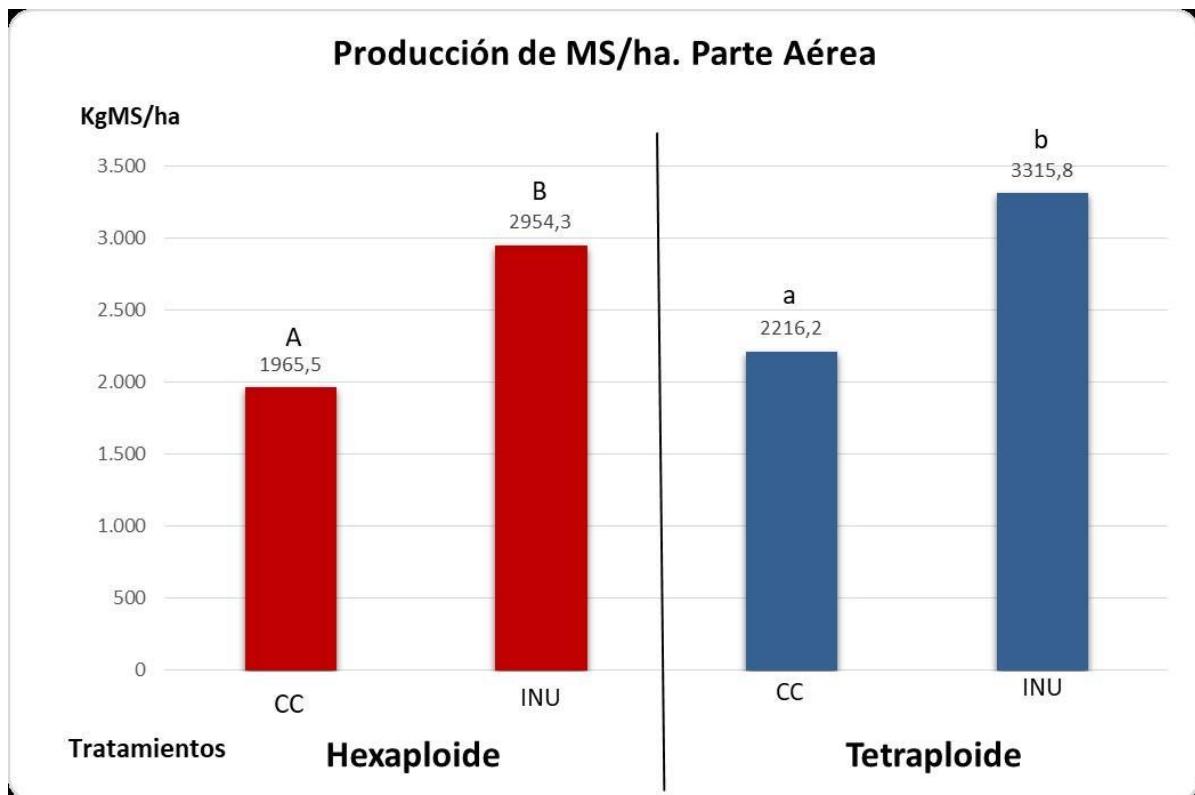


Gráfico 1a: Producción de biomasa de la parte aérea expresada en Kg de MS por hectárea.  
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ).

En el gráfico anterior se muestra el efecto de la inundación sobre la producción de biomasa de la parte aérea en ambas ploidías, como se había mencionado anteriormente, puede notarse que la inundación aumenta en un 50 % la producción de biomasa. Debe tenerse en cuenta que los valores que se muestran fueron calculados con la metodología que se explica en el apartado “Materiales y Métodos”, por lo tanto se recomienda tomar dichos valores a modo de comparación entre tratamientos.

En un ensayo realizado por Basualdo (2019) en la EEA Corrientes del INTA, en el cual estudió características productivas de híbridos de *Acroceras macrum* en condiciones de campo, obtuvo valores de producción de biomasa aérea acumulada en el ciclo de crecimiento de 18.143 y 14.106 Kg de MS por hectárea para los híbridos 10 (Tetraploide) y Cedara Select (Hexaploide) respectivamente. Si bien estos resultados de producción de MS son superiores a los obtenidos en este trabajo, se mantiene la superioridad del tetraploide respecto al hexaploide. Por otra parte cabe aclarar que la cantidad obtenida en este ensayo es de una parte del ciclo productivo de la forrajera, y el resultado de Basualdo (2019) es durante todo el periodo productivo de la pastura.

### Producción de Biomasa Subterránea

En cuanto a la biomasa de las raíces observada en este trabajo, se encontró interacción significativa entre las fuentes de variación (Ploidía\*Tratamiento) (Tabla 2a). Al realizar el análisis de varianza para cada ploidía, el material Hexaploide fue el único que mostró diferencias significativas respecto a los tratamientos de condición hídrica del suelo (Tabla 2b, Anexo). En dicho material la cantidad de materia seca en INU fue significativamente superior ( $p<0,05$ ) con respecto a CC en una proporción del 160% (Tabla 2c, Anexo).

En el tratamiento de INU, las raíces presentaron un crecimiento tanto por debajo como en superficie del suelo, en la lámina de agua por encima de la tierra, es decir raíces adventicias (Imagen 7. Anexo). El sistema radical tenía la característica de presentar una cabellera mucho más densa y con raíces más finas y largas (Imagen 8. Anexo) que las plantas que se encontraban en CC (Imagen 9. Anexo), estas características fueron mayormente observadas en el material Hexaploide. Esto podría deberse a la capacidad que tienen algunas plantas para generar un mayor número de raíces y mayor porcentaje de tejido aerenquimático, para lograr conseguir un mayor intercambio de oxígeno en sus tejidos.

Existen respuestas de tipo evasivo a la inundación en ciertas plantas, como lo son la producción de aerénquima en tallos y raíces y el desarrollo de raíces adventicias; una y otro contribuyen a la aireación de la planta, como ocurre en las gramíneas *Brachiaria mutica* y *Echinochloa polystachya* y en otras especies (Humphrey, 1981). Oesterheld y McNaughton, (1991; Citado en Imaz, 2012) observaron a nivel radical, alteraciones en el patrón de crecimiento de *Panicum coloratum* e *Hyperthelia dissoluta* aumentando la producción de raíces adventicias, en particular sobre el nivel del suelo. Este resultado coincide con lo registrado en este trabajo experimental con *A. macrum*.

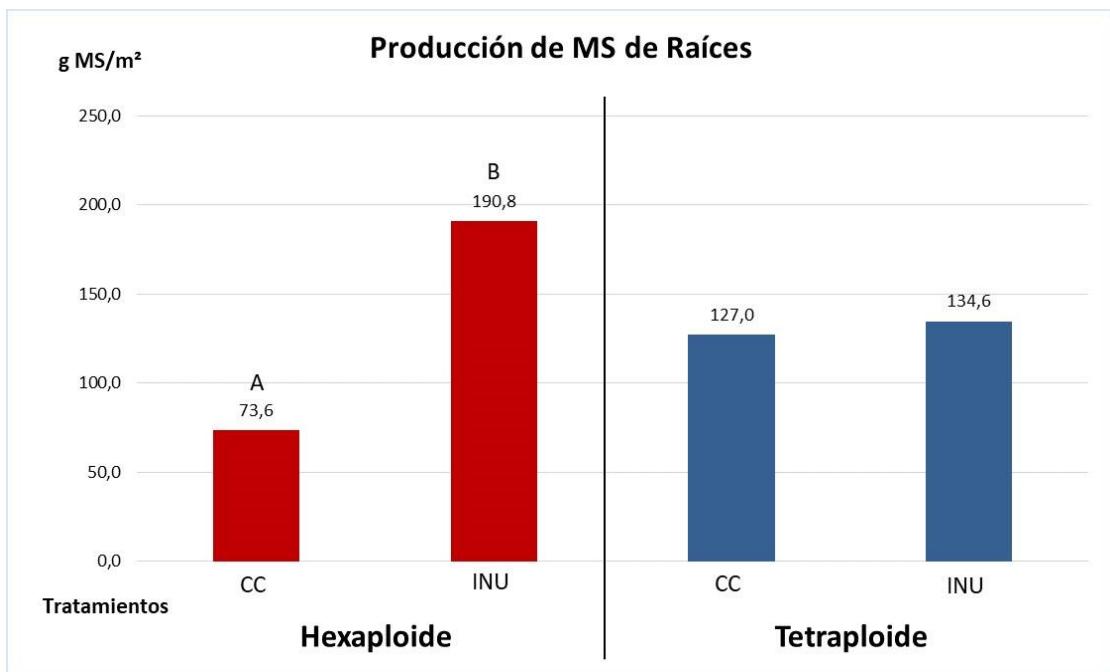


Gráfico 1b: Producción de biomasa de raíces expresada en Kg de MS por hectárea. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ).

En el gráfico anterior se muestran los resultados obtenidos de producción de biomasa del compartimiento Raíces. Se pueden evidenciar los resultados arrojados por el análisis estadístico anteriormente mencionado.

#### Tasa de crecimiento

La producción de materia seca de la planta se puede estimar mediante la determinación de la tasa de crecimiento (TC), la cual fue realizada para el período de estudio en este trabajo, observando los siguientes resultados:

HEXAPLOIDE		TETRAPLOIDE	
CC	INU	CC	INU
21,84	32,83	24,62	36,84

Tabla 1: Tasa de Crecimiento (Kg de MS/ha/día).

Estas diferencias en la tasa de crecimiento podrían explicar la mayor producción de biomasa de los tratamientos de INU.

## Producción de macollos

A lo largo del experimento, el número de macollos por planta aumentó de manera lineal hasta el día 30 aproximadamente luego del corte de emparejamiento y luego tuvo un aumento no tan marcado, notándose ciertas diferencias en el número final según el tratamiento de condición hídrica del suelo (Gráfico 2a y 2b).

Hexaploide		Tetraploide	
CC	INU	CC	INU
4,06	3,93	4,43	4,93

Tabla 2: Número de macollos por tratamiento.

Al realizar el análisis de la varianza se encontró que no hubo interacción entre las fuentes de variación y no hubo diferencias significativas entre tratamientos, pero sí se encontraron diferencias significativas ( $p<0,05$ ) entre niveles de ploidía (Tabla 3a). El análisis de comparación de medias por el test de Tukey mostró que el material Tetraploide es superior al Hexaploide (Tabla 3b). La evolución de los macollos del material Hexaploide durante todo el periodo, salvo del segundo al cuarto muestreo, fue mayor en la condición de CC en comparación con el tratamiento de INU (gráfico 2a). Sin embargo el material Tetraploide mostró una tendencia inversa, donde a partir del día 30 después del corte de emparejamiento el número de macollos fue siempre mayor para el tratamiento de INU, y a diferencia del tratamiento de CC se mantuvo siempre en aumento. El análisis estadístico encontró diferencias significativas del promedio total de los registros, sin embargo, cuando se analizó cada uno de los registros, no encontró diferencias en ninguno de ellos, debido a que las diferencias son muy pequeñas.

Con respecto a los macollos nuevos, se diferenciaron dos picos de aparición de los mismos (se indican con flechas en los gráficos), el primero alrededor del cuarto y quinto registro (27 días post corte) y el segundo pico alrededor del noveno y décimo registro (50 días post corte). Los cuatro tratamientos tuvieron la misma tendencia, sin embargo los tratamientos de INU mostraron una producción de macollos más estable, principalmente el material Hexaploide, a diferencia de los tratamientos de capacidad de campo, los cuales mostraron grandes variaciones en la producción de nuevos macollos, incluso en algunos registros no se contabilizaron nuevos macollos.

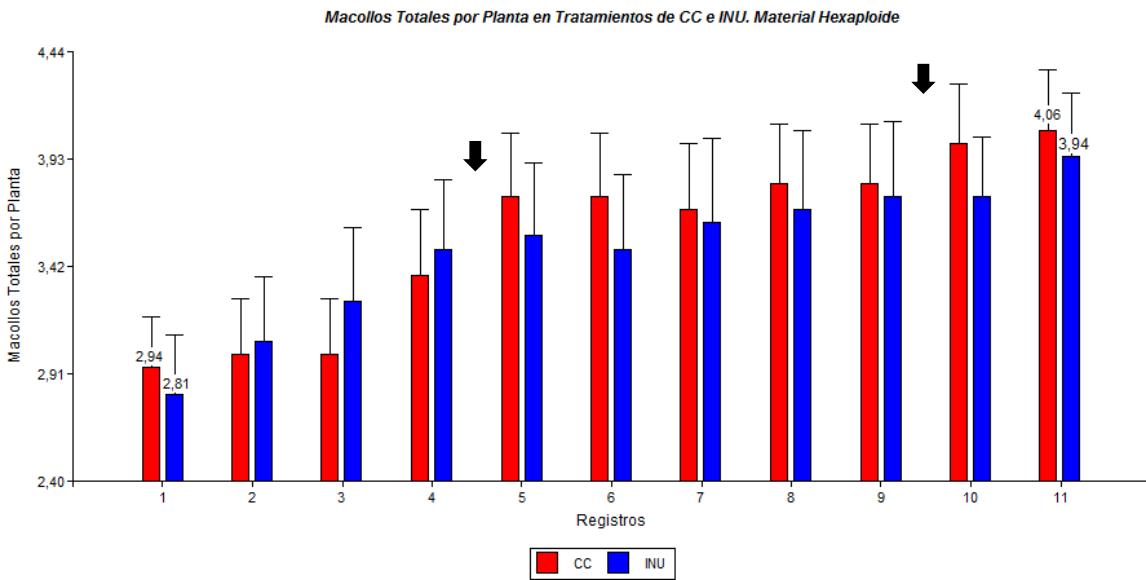


Gráfico 2a: Evolución del número de macollos totales por planta en los distintos registros, según condición hídrica del suelo (CC e INU). Material Hexaploide. Las flechas indican los picos de producción de macollos.

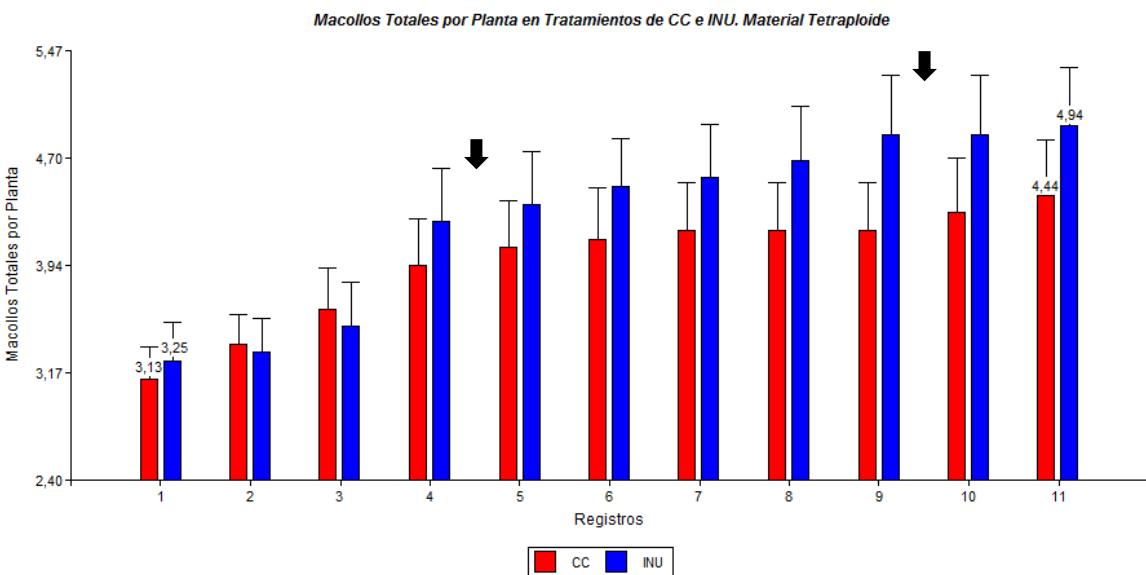


Gráfico 2b: Evolución del número de macollos totales por planta en los distintos registros, según condición hídrica del suelo (CC e INU). Material Tetraploide. Las flechas indican los picos de producción de macollos.

Por otro lado se ha observado aparición de macollos provenientes de estolones, sin embargo en este periodo de la experiencia no se registró un número considerable de los mismos. Cabe mencionar que éstos comenzaron a registrarse aproximadamente a partir del día 50 (quinto registro) después del corte de emparejamiento y se registraron en ambos materiales genéticos por igual.

## Macollos muertos

Si bien los registros de los mismos fueron poco importantes, cabe mencionar que la mayor cantidad de estos se registraron en los tratamientos del material Hexaploide, y principalmente en INU. A partir del día 50 aproximadamente (quinto registro) se produjo un aumento en el número de macollos muertos.

## Número de hojas verdes

De acuerdo a los resultados respecto a la cantidad de hojas verdes, no hubo interacción entre las fuentes de variación y no se encontraron diferencias entre ploidías, pero sí se registró diferencias significativas entre tratamientos de condición hídrica el suelo (Tabla 4a). Si bien la interacción no fue significativa, al analizar cada nivel de ploidía por separado, solo el material Hexaploide presentó diferencias significativas entre los tratamientos (Tabla 4c, Anexo). En el caso del material Hexaploide, el tratamiento de INU produjo una diferencia significativa de 1,14 hojas más que el tratamiento de CC (Gráfico 3a, Tabla 4d, Anexo). A su vez, al comparar el número de hojas verdes en cada tratamiento se vio la misma cantidad de hojas para ambos niveles de ploidía en CC, en cambio en el material Hexaploide el tratamiento de inundación presentó 0,77 hojas más.

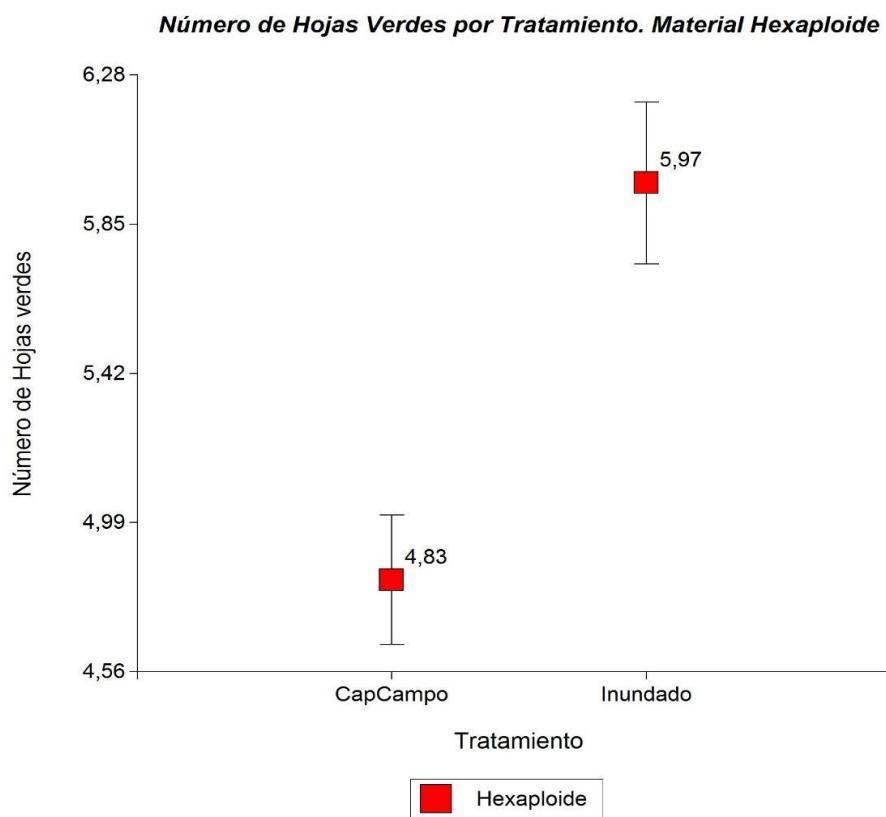


Gráfico 3a: Número de hojas verdes por macollo, comparación entre CC e INU. Material Hexaploide.

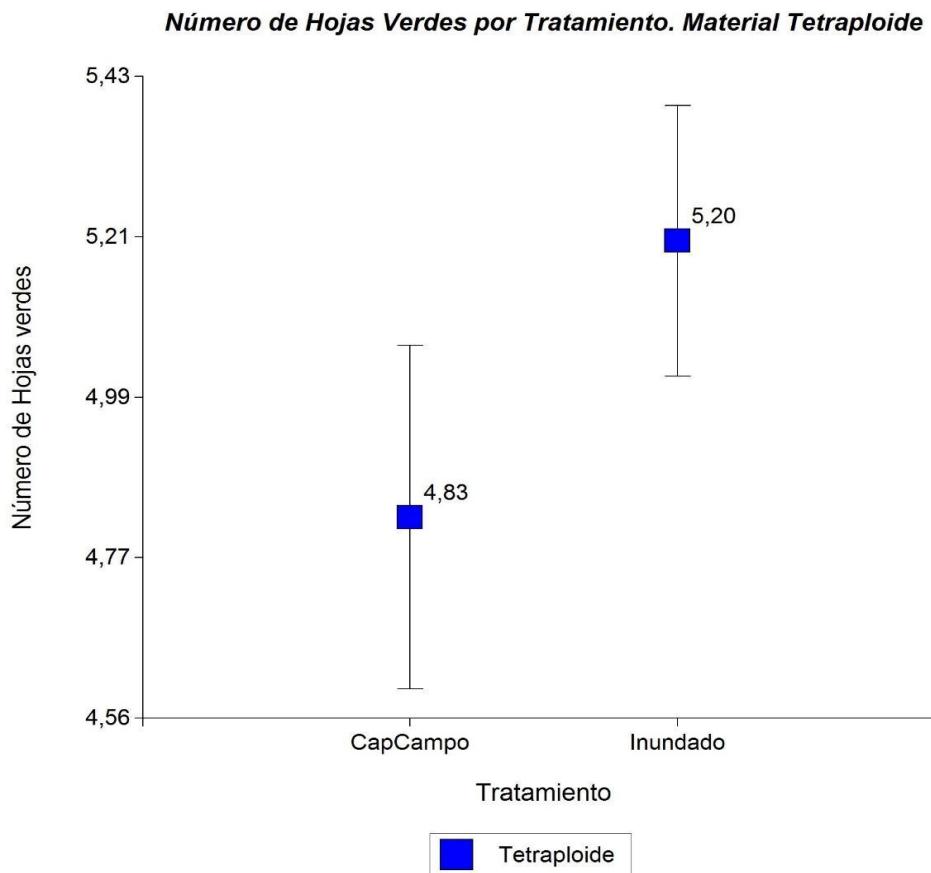


Gráfico 3b: Número de hojas verdes por macollo, comparación entre CC e INU. Material Tetraploide.

Ruolo (2017) encontró en *Chloris gayana* Kunth un valor promedio de  $5,31 \pm 0,53$  hojas verdes por macollo, estos registros son similares a los observados en este trabajo, a pesar de que el Pasto Nilo es de metabolismo tipo C3, de crecimiento primavero estival.

Las hojas tienen un ciclo de vida limitado. Luego de crecer, cada hoja comienza a senescer y muere. Las gramíneas forrajeras tienen un máximo número de hojas vivas y llegado ese valor, por cada hoja nueva que se produce, la hoja más vieja muere. Por ejemplo, en raigrás perenne el promedio de hojas vivas por macollo raramente excede 3, y la aparición de una cuarta hoja tiende a ser contrabalanceada por la pérdida de la primera que se formó (Davies, 1988. Colabelli y col., 1998). Por este motivo el número de hojas verdes se vuelve un parámetro importante a tener en cuenta a la hora del manejo de la pastura.

### Hojas muertas

El material Hexaploide bajo tratamiento de INU fue el primero en presentar hojas muertas, a partir del cuarto registro (días post corte de emparejamiento), y mantuvo el mismo número de hojas muertas hasta el último registro, a diferencia del

tratamiento de CC del mismo material genético que comenzó a presentar hojas muertas a partir del sexto registro y mostró un incremento en la muerte de sus hojas. En el caso del material Tetraploide también fue en INU el primero en presentar hojas muertas en el sexto registro, mostrando el valor más alto de los cuatro tratamientos, a diferencia del tratamiento de CC el cual presentó hojas muertas a partir del séptimo registro y mantuvo la misma tasa de mortandad hasta el último registro.

## 7. Conclusiones

Se concluye que la producción de biomasa y sus componentes, de Pasto Nilo, incrementó en condiciones de inundación, por lo que se puede afirmar la primer hipótesis que se planteó, es decir que la producción de biomasa se ve incrementada en plantas de *Acroceras macrum* que crecen en condiciones de anegamiento.

Los niveles de ploidía no manifestaron cambios significativos en sus características productivas a pesar de que el material tetraploide manifestó registros más altos, por lo que se rechaza la segunda hipótesis en la que se planteó que la producción de biomasa no varía con los niveles de ploidía de *Acroceras macrum* cuando las plantas crecen en condiciones de anegamiento.

Si bien los resultados obtenidos son contrastantes, es recomendable que se sigan realizando estudios para complementar esta información y también se debe tener en cuenta que los ensayos se realizaron a nivel experimental en macetas, siendo recomendable poder contrastar los resultados con ensayos realizados a campo.

## 8. Anexo

### 8.1. Tablas

Tabla 1a: Análisis de la Varianza. Biomasa Seca Parte Aérea.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	9508997,56	3	3169665,85	11,21	0,0001
<b>Tratamiento</b>	<b>8766740,65</b>	<b>1</b>	<b>8766740,65</b>	<b>30,99</b>	<b>&lt;0,0001</b>
Ploidía	716344,65	1	716344,65	2,53	0,1228
Trat*Ploidía	25912,26	1	25912,26	0,09	0,7644
Error	7920598,5	28	282878,52		
Total	17429596,1	31			

Tabla 1b: Análisis de comparación de medias por el test de Tukey. Biomasa Seca Parte Aérea. Comparación entre tratamientos de condición hídrica del suelo.

Tratamiento	Medias
CC	2093,3 A
INU	3140,1 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ).

Alfa=0,05 DMS=385,18669

Tabla 2a: Análisis de la Varianza. Biomasa Seca Raíces.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	48701,26	3	16233,75	17,48	0,0001
Ploidía	12,11	1	12,11	0,01	0,9101
Tratamiento	25384,08	1	25384,08	27,34	0,0001
<b>Ploidía*Trat</b>	<b>19586,55</b>	<b>1</b>	<b>19586,55</b>	<b>21,09</b>	<b>0,0001</b>
Error	20428,74	22	928,58		
Total	69129,99	25			

Tabla 2b: Análisis de la Varianza. Biomasa Seca Raíces. Material Hexaploide.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	48514,92	1	48514,92	33,5	0,0001
<b>Tratamiento</b>	<b>48514,92</b>	<b>1</b>	<b>48514,92</b>	<b>33,5</b>	<b>0,0001</b>
Error	17378,59	12	1448,22		
Total	65893,5	13			

Tabla 2c: Análisis de comparación de medias por el Test de Tukey. Biomasa Seca Raíces. Material Hexaploide.

Tratamiento	Medias
CC	73,6 A
INU	191,33 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ).

Alfa=0,05 DMS=44,32028

Tabla 3a: Análisis de la Varianza. Macollos totales por planta.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	35,84	3	11,95	12,33	<0,0001
Tratamiento	1,44	1	1,44	1,48	0,2239
<b>Ploidía</b>	<b>31,02</b>	<b>1</b>	<b>31,02</b>	<b>32,02</b>	<b>&lt;0,0001</b>
Trat*Ploidía	3,38	1	3,38	3,49	0,0626
Error	337,16	348	0,97		
Total	373	351			

Tabla 3b: Análisis de comparación de medias por el test de Tukey. Macollos totales por planta.

Ploidía	Medias
Hexaploide	3,53 A
Tetraploide	4,12 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ).

Alfa=0,05 DMS=0,20590

Tabla 4a: Análisis de la Varianza. Número de hojas verdes por macollo.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	27,76	3	9,25	6,56	0,0004
Ploidía	4,69	1	4,69	3,32	0,0707
<b>Tratamiento</b>	<b>18,38</b>	<b>1</b>	<b>18,38</b>	<b>13,02</b>	<b>0,0004</b>
Ploidía*Tratamiento	4,69	1	4,69	3,32	0,0707
Error	175,01	124	1,41		
Total	202,76	127			

Tabla 4b: Análisis de comparación de medias por el test de Tukey. Número de hojas verdes por macollo.

Tratamiento	Medias
CC	4,45 A
INU	5,96 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ).

Alfa=0,05 DMS=0,41211

Tabla 4c: Análisis de la Varianza. Número de hojas verdes por macollo.  
Material Hexaploide.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	20,82	1	20,82	14,7	0,0003
<b>Tratamiento</b>	<b>20,82</b>	<b>1</b>	<b>20,82</b>	<b>14,7</b>	<b>0,0003</b>
Error	87,77	62	1,42		
Total	108,59	63			

Tabla 4d: Análisis de comparación de medias por el test de Tukey. Número de hojas verdes por macollo. Material Hexaploide.

Tratamiento	Medias
CC	4,83 A
INU	5,97 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ).

Alfa=0,05 DMS=0,59461

Tabla 4e: Análisis de la Varianza. Número de hojas verdes por macollo. Material Tetraploide.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2,25	1	2,25	1,6	0,2108
Tratamiento	2,25	1	2,25	1,6	0,2108
Error	87,23	62	1,41		
Total	89,48	63			

## 8.2. Imágenes



Imágenes 1 y 2: Recolección de material en el jardín de la EEA Corrientes del INTA.



Imágenes 3 y 4: Selección de plantines y armado de macetas.



Imagen 5: Maceta revestida de una bolsa de polietileno y colocada dentro de otra del mismo volumen para lograr la condición de inundación.



Imagen 6: Planta separada en sus dos compartimentos: raíces a la izquierda y parte aérea a la derecha.



Imagen 7: Material Hexaploide bajo tratamiento de INU. Se evidencian macollos de los estolones y raíces adventicias.

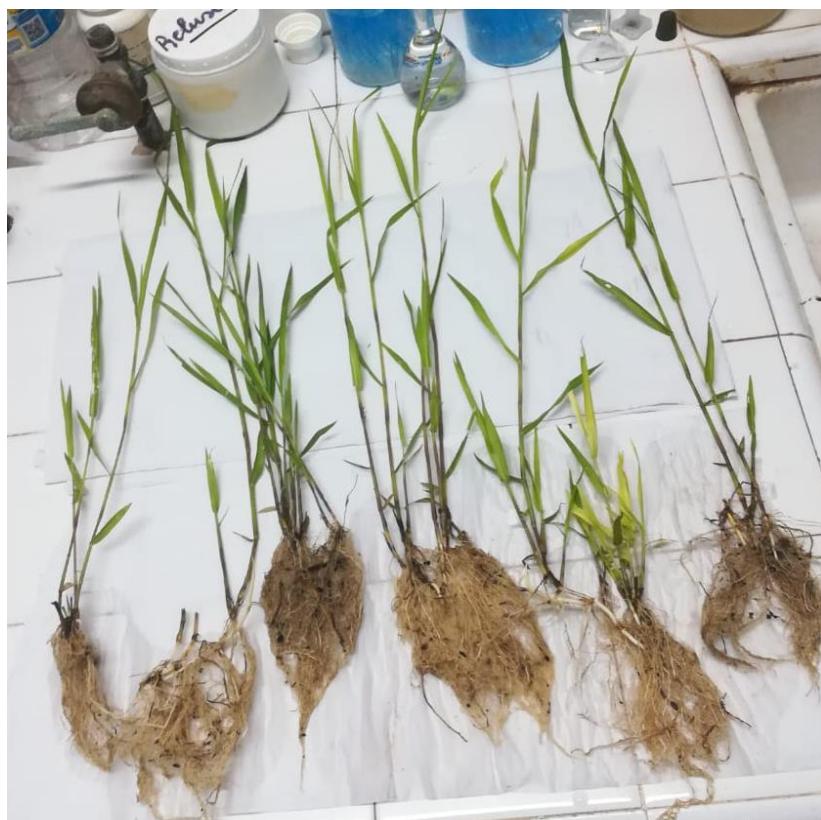


Imagen 8: Características del sistema radical de materiales sometidos a tratamiento de Inundación.

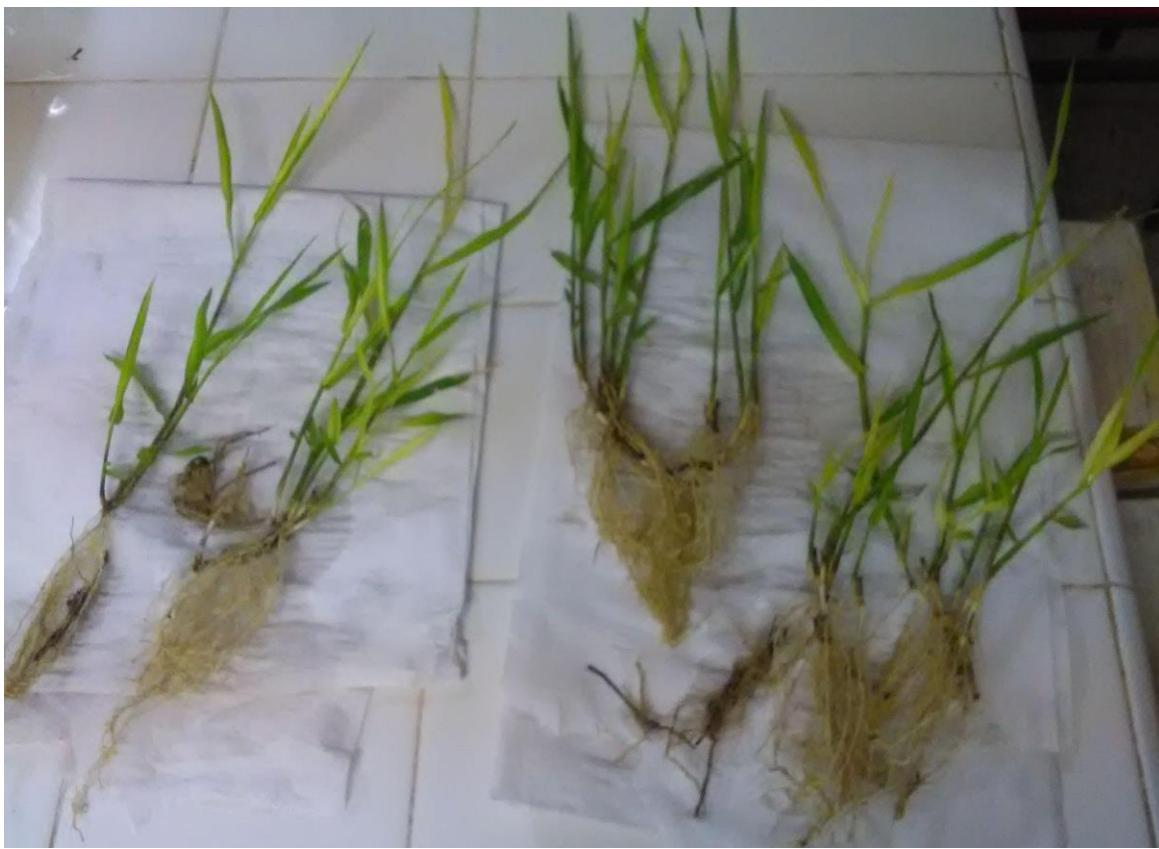


Imagen 9: Características del sistema radical de materiales sometidos a tratamiento de Capacidad de Campo.

## 9. Bibliografía

Armstrong, W. (1979). Aeration in Higher Plants. *Advances in Botanical Research*. 7:225-332.

Avila, R., Barbera, P., Blanco, L., Burghi, V., De Battista, J. P., Frasinelli, C., Frigerio, K., Gándara, L., Goldfarb, M. C., Griffa, S., Grunberg, K., Kunst, C., Lacorte, S. M., Lauric, A., Leal, K., Martínez, C. L., Mc Lean, G., Nenning, F., Otondo, J., Petruzzi, H., Pizzio, R., Pueyo, J. D., Ré, A. E., Ribotta, A., Romero, L., Stritzler, N., Tomas, M. A., Torres Carbonell, C., Ugarte, C., Veneciano, J. (2014). Gramíneas forrajeras para el subtrópico y el semiárido central de la Argentina. EEA INTA: Anguil, Cerro Azul, Concepción del Uruguay, Corrientes, El Colorado, La Rioja, Manfredi, Mercedes, San Luis, Santiago del Estero, Rafaela y Reconquista. Agencias de Extensión Rural: Bahía Blanca y Chascomús. Institutos: Fisiología y Recursos Genéticos Vegetales e Investigación Animal del Chaco Semiárido.

Bailey-Serres, J. and Voesenek, L.A.C.J. (2008). Flooding stress: acclimations and genetic diversity. *Annual Review of Plant Biology* 59:313-339.

Bailey-Serres, J. and Voesenek, L.A.C.J. (2010). Life in the balance: a signaling network controlling survival of flooding. *Current Opinion in Plant Biology* 13: 489-494.

Basualdo, Juan Pablo. (2019). Evaluación de características productivas en híbridos de *Acroceras macrum*. Tesina presentada para optar al título de Ingeniero Agrónomo en la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNNE. Estación Experimental Agropecuaria Corrientes, INTA.

Brockett, G., and Gray, N. (1984). The performance of tropical pastures in the drier phase of the Highland Sourveld of Natal. *Journal of the Grassland Society of Southern Africa*, 1(2), 4-8.

Cassel Rodrigues, R., Leite Reis, J. e Waltrick Coelho, R. (2004). Avaliação Químico-Bromatológica da Silagem Pré-Secada de Capim Nilo (*Acroceras macrum*), Cortado em Três Idades de Corte e Três Tempos de Emurcemento. *Comunicado Técnico Embrapa*, 95, 1-2.

Cassel Rodrigues, R., Waltrick Coelho, R., Leite Reis, J. e Lopes da Costa, N. (2005). Qualidade do feno de capim nilo (*Acroceras macrum*) cortado em diferentes épocas. *Comunicado Técnico Embrapa*, 108, 1-2.

Colabelli, M., Agnusdei, M., Mazzanti, A. y Labreveux, M. (1998). El proceso de crecimiento y desarrollo de gramíneas forrajeras como base para el manejo de la defoliación. *Boletín Técnico* Nº 148. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Centro Regional Buenos Aires Sur, Estación Experimental Agropecuaria Balcarce, Prov. Bs.As., Argentina.

Colmer T.D. (2003). Long-distance transport of gases in plants: a perspective on internal aeration and radial oxygen loss from roots. *Plant, Cell and Environment* 26: 17–36.

Colmer, T.D. and Voesenek, L.A.C.J. (2009). Flooding tolerance: Suites of plant traits in variable environments. *Functional Plant Biology*. 36:665-681.

De Moura Zanine, A., Santos, E. M., de Oliveira, J. S. e De Jesus Ferreira, D. (2005). Modernas estrategias no manejo do pastejo das gramíneas dos gêneros *Brachiaria* e *Cynodon*. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, 6 (11).

De Paula Freitas, Acyr Wanderley. (2000). Dinâmica do Perfilhamento em Pastagens Sob Pastejo. Trabalho apresentado como parte das exigências da disciplina ZOO 650 – Forragicultura. Universidade Federal de Viçosa, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Zootecnia.

Di Renzo, J.A., Casanoves, F., Balzarini, M.G., Gonzalez, L., Tablada, M. y Robledo C.W. (2017). InfoStat, versión 2017, Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

Ferrari Usandizaga, Silvana Consuelo. (2015). Tesis presentada para optar por el grado de Doctor en Ciencias Agrarias. Sistemas genéticos y diversidad en *Acroceras macrum* STAPF. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Nordeste. Instituto de Botánica del Nordeste. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Estación Experimental Agropecuaria Corrientes. Corrientes (Corrientes), Argentina.

Ferrari Usandizaga, Silvana Consuelo. (2017). Programa de mejoramiento genético de *Acroceras macrum* (Pasto Nilo) en Corrientes. EEA INTA Corrientes.

Gándara, L., Ferrari Usandizaga, S. C., Pereira, M., Cetour, D., Maidana, C., y Nuñez, F. (2016). Efectos de la densidad de plantas y la fertilización en la implantación del Pasto Nilo (*Acroceras macrum*). *Revista Argentina de Producción animal*. 39º Congreso de producción Animal. vol 36: Suplemento 1, (pág. 364).

Gertenbach, W., and van H. Henning, P. (1995a). Energy supplementation of yearling steers at different stocking rates on Nile grass pasture. *South African Journal of Animal Science*, 25(4), 105-108.

Gertenbach, W., and van H. Henning, P. (1995b). Performance of beef steers on Smuts finger grass and Nile grass pasture in northern Natal 2. Feedlot performance following summer grazing. *South African Journal of Animal Science*, 25(4), 101-104.

Gertenbach, W., van H. Henning, P., and van Schalkwyk, A. (1995). Performance of beef steers on Smuts finger grass and Nile grass pasture in northern Natal 1. Effect of overwintering level and summer stocking rate. *South African Journal of Animal Science*, 25(4), 95-100.

Goldfarb, M.C., Jacobo, E., Giménez, L.I., Núñez, F. y Quirós, O.G. (2011). Promoción del enraizamiento de *Acroceras macrum* (Pasto Nilo). XXIIº Reunión de comunicaciones científicas, técnicas y de extensión. INTA. EEA Corrientes. Facultad de Ciencias Agrarias, UNNE, Corrientes.

Humphreys, L. R. (1981). Environmental adaptation of tropical pasture plants. MacMillan, Londres. 261 p.

Imaz, José Augusto. (2012). Tolerancia a la Inundación de Especies Gramíneas Forrajeras Megatérmicas: Bases Ecofisiológicas Relacionadas con su Instalación y Producción. Tesis presentada para optar al título de Magister Scienciae de la Universidad de Buenos Aires, Área de Producción Vegetal. Instituto de Fisiología Vegetal (INFIVE - UNLP).

Insauri, P., Grimoldi, A.A., Chaneton, E.J. and Vassellati, V. (2001). Flooding induces a suite of adaptative plastic responses in the grass *Paspalum dilatatum*. *New Phytologist*. 152:291-300.

Iturralde Elortegui, María del Rosario. (2018). Respuesta de Agropiro Alargado a diferentes niveles de inundación durante etapas tempranas de desarrollo. Trabajo de tesis presentado como requisito parcial para optar el título de Magister Scientiae en producción animal. Programa de postgrado en Ciencias Agrarias, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata. Estación Experimental Agropecuaria Balcarce, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

Justin, S. H. F. W. and Armstrong, W. (1987). The anatomical characteristics of roots and plant response to soil flooding. *New Phytologist*. 106:465-495.

Lenssen, J.P.M., Van de Steeg, H.M. and de Kroon, H. (2004). Does disturbance favour weak competitors? Mechanisms of altered plant abundance after flooding. *Journal of Vegetation Science* 15, 305-314.

Manzur, M.E. (2012). Tesis presentada para optar al título de Doctor de la Universidad de Buenos Aires, Área Ciencias Agropecuarias. Bases ecofisiológicas relacionadas con la tolerancia a la inundación y la defoliación en especies conspicuas de pastizales húmedos. IFEVA-CONICET-FAUBA.

Moffett, A. A. and Hurcombe, R. (1949). Chromosome numbers of South African grasses. *Heredity*, 3, 369-373.

Oesterheld, M. and McNaughton, S.J. (1991). Effect of stress and time for recovery on the amount of compensatory growth grazing. *Oecologia* 85: 305-313.

Rethman, N. F. and de Witt, C. C. (1988). The yield potential and crude protein content of five rhizomatous and stoloniferous grass pastures in the escarpment areas of the eastern Transvaal. *South African Journal of Plant and Soil*, 5(4), 222-224.

- Rhind, J. and Goodenough, D. (1976). Assessment and breeding of *Acroceras macrum* Stapf. Proceedings of the Annual Congresses of the Grassland Society of Southern Africa, 11, 115-117.
- Rhind, J. M. and Goodenough, D. C. (1979). *Acroceras macrum* Stapf (Nile grass) - A review. Proceedings of the Annual Congresses of the Grassland Society of Southern Africa, 14(1), 27-33.
- Rhind, J. M. and Goodenough, D. C. (1979). *Acroceras macrum* Stapf (Nile grass)- A review. Proceedings of the Grassland Society of Southern Africa, 14, 27-36.
- Royo Pallarés, O. y Altuve, S. M. (2000). Forrajeras subtropicales para la provincia de Corrientes. INTA: Noticias y Comentarios, 337, 1-4.
- Royo Pallarés, O. y Goldfarb, C. (2000). Experiencias con pasturas subtropicales cultivadas en la provincia de Corrientes. Jornada de Actualización en Forrajeras Subtropicales, (págs. 1-14). Estación Experimental Agropecuaria Mercedes, Corrientes, Argentina.
- Ruolo, María Soledad. (2017). Tesis presentada para optar al título de Magister de la Universidad de Buenos Aires, Área Producción Animal. Morfogénesis, estructura, producción y calidad de *Chloris gayana* Kunth bajo distintos regímenes de defoliación. EEA INTA Manfredi.
- Saldanha, S., Cechini, A. y Bentancur, O. (2013). Variables morfogenéticas y estructurales de cinco cultivares de *Lolium sp.* Agrociencia Uruguay, Montevideo, 17 (2): 110-120.
- Shimamura, S., Yoshida, S. and Mochizuki, T. (2007). Cortical aerenchyma formation in hypocotyl and adventitious roots of *Luffa cylindrica* subjected to soil flooding. Annals of Botany 100: 1431–1439.
- Skerman, P. J. and Riveros, F. (1990). The Tropical Grasses Catalogue. *Acroceras macrum* Stapf. En P. J. Skerman, F. Riveros, Tropical Grasses, FAO plant production and protection series; no. 23 (págs. 181-184). Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma, Italia.
- Skerman P.J. and Riveros F. (1992). Gramíneas tropicales (Tropical grasses). Rome, Italy: FAO.
- Soriano, A. (1991). Río de la Plata Grasslands. In: Coupland RT, ed. Ecosystems of the world 8A. Natural grasslands. Introduction and Western Hemisphere. Amsterdam: Elsevier, 367-407.
- Striker, G.G., Insausti, P., Grimoldi, A.A., Ploschuk, E.L., Vasellati, V. (2005). Physiological and anatomical basis of differential tolerance to soil flooding of *Lotus corniculatus L.* and *Lotus glaber* Mill. Plant and Soil. 276(1-2):301-311.
- Theron, E. P. and Arnott, J. K. (1979). Notes on the performance of *Acroceras macrum* Stapf cv. Cedara Select in natal. Proceedings of the Annual Congresses of the Grassland Society of Southern Africa, 14(1), 23-25.
- Van Schalkwyk, A. P. and Gertenbach, W. D. (2000). The effect of closing date on the performance of beef weaners grazing foggaged *Digitaria eriantha* and *Acroceras macrum*. South African Journal of Animal Science, 30(1), 82-86.
- Visser, E.J.W., Cohen, J.D., Barendse, G.W.M., Blom, C.W.P.M. and Voesenek, L.A.C.J. (1996). An ethylene-mediated increase in sensitivity to auxin induces adventitious root formation in flooded *Rumex palustris* Sm. Plant Physiology 112: 1687–1692.
- Voesenek, L.A.C.J., Colmer, T.D., Pierik, R., Millenaar, F.F. and Peeters, A.J.M., (2006). How plants cope with complete submergence. New Phytologist 170: 213–226.

Voesenek, L.A.C.J. and Bailey-Serres, J. (2015). Flood adaptive traits and processes an overview. *New Phytologist*. 206:57-73.