

**EVALUACIÓN DE LA NATURALEZA DE LA COMPETENCIA ENTRE CAPÍN
(*Echinochloa colona* (L.) Link) Y SOJA (*Glycine max* (L.) Merr.) EN CONDICIONES
CONTROLADAS**

Trabajo Final de Grado
del alumno

AGUSTIN KENNER

Este trabajo ha sido presentado como requisito para la obtención del título de

Ingeniero agrónomo

Carrera

Ingeniería Agronómica

Escuela de Ciencias Agrarias, Naturales y Ambientales.

Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires.

Junín, 20 de febrero de 2024

**EVALUACIÓN DE LA NATURALEZA DE LA COMPETENCIA ENTRE CAPÍN
(*Echinochloa colona* (L.) Link) Y SOJA (*Glycine max* (L.) Merr.) EN CONDICIONES
CONTROLADAS**

Trabajo Final de Grado
del alumno

AGUSTIN KENNER

Aprobada por el Tribunal Evaluador

(Nombre y Apellido)
Evaluador/a

(Nombre y Apellido)
Evaluador/a

(Nombre y Apellido)
Evaluador/a

Dr. (MSc.) Ing Agr. Horacio Abel Acciaresi

Ing. Agr. Gabriel Picapietra

Co-Director

Director

**Escuela de Ciencias Agrarias, Naturales y Ambientales.
Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires.**

Junín, 20 de febrero de 2024

ÍNDICE

| | |
|--|----|
| RESUMEN..... | 4 |
| INTRODUCCIÓN | 6 |
| Competencia cultivo-maleza | 6 |
| La importancia de <i>Echinochloa colona</i> en los cultivos extensivos | 7 |
| Diseño de experimentos para el estudio de la competencia..... | 8 |
| HIPÓTESIS..... | 9 |
| OBJETIVO GENERAL..... | 9 |
| OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... | 9 |
| MATERIALES Y MÉTODOS..... | 10 |
| Unidad experimental | 10 |
| Diseño experimental | 11 |
| Siembra y acondicionamiento de los contenedores..... | 12 |
| Muestreo del material vegetal | 12 |
| Análisis estadístico..... | 13 |
| RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 13 |
| Variaciones en el cultivo de soja..... | 13 |
| Variaciones en <i>E. colona</i> | 15 |
| CONCLUSIÓN | 21 |
| BIBLIOGRAFÍA | 23 |
| ANEXOS..... | 28 |

RESUMEN

El cultivo de soja es el más importante en Argentina, el cual se puede ver afectado negativamente por distintos factores, entre ellos, las malezas. Dentro de estas, *Echinochloa colona* es considerada como una de las más problemáticas a nivel mundial, la cual se encuentra en gran parte de nuestro país y es capaz de causar pérdidas significativas en la productividad de granos. El objetivo del presente trabajo fue estudiar como el grado y el tipo de competencia, aérea y/o subterránea, afectan el crecimiento y desarrollo de *E. colona* y el cultivo de soja.

Se llevó a cabo un estudio en condiciones controladas en la EEA INTA Pergamino, en una cámara de crecimiento con temperatura constante de 25 °C y fotoperiodo de 13 h. Se utilizaron contenedores cilíndricos de PVC particionados, con los que se establecieron cuatro configuraciones de competencia (factor 1): competencia plena, libre de competencia, competencia subterránea y competencia aérea. En cada contenedor se estableció una densidad de 2, 4 y 6 plantas de *E. colona* (factor 2) con una planta de soja. Cuando las plantas alcanzaron el estado reproductivo, en soja se evaluó la altura, número de nudos, número de vainas y la materia seca aérea (MSA). En *E. colona* se evaluó el número de espigas por panoja y por contenedor, número de macollos por planta y por contenedor, el número de nudos por macollo fértil y por contenedor, la altura y la materia seca aérea total. Los datos se analizaron mediante modelos generales lineales y mixtos (MLGM) con arreglo factorial y la comparación de medias mediante un test de Fisher ($\alpha=0,05$).

Los resultados mostraron una respuesta diferencial de las variables según el recurso por el que compiten las especies, aunque no fue así cuando se analizó la interacción entre ambos factores. El cultivo de soja sufrió un mayor impacto de la competencia subterránea y plena, lo que implicó una reducción significativa de alrededor de 10 cm en la altura de las plantas, un promedio de 2 nudos menos por plantas, de 4 a 5 vainas menos y una reducción del 50% de la MSA. En tanto que para *E. colona* en la situación de plena competencia se observó una caída superior al 50% en la MSA, asociado posiblemente a un efecto alelopático. En competencia subterránea sucedió lo contrario, probablemente debido a que la fijación biológica de nitrógeno por parte de la soja

favoreció a una mayor disponibilidad de este recurso. De la misma manera que la MSA, en plena competencia las plantas produjeron en promedio un macollo menos, lo cual condujo a una menor cantidad de nudos por planta y una reducción de casi tres espigas por planta.

Con respecto a la productividad de *E. colona* en función de la densidad se observó una marcada respuesta densodependiente, donde se redujo la productividad individual conforme al aumento de la densidad de plantas, al mismo tiempo que la productividad por superficie se incrementó. En esta respuesta se observó que, a una densidad de 2 plantas por contenedor, el número de macollos, nudos y espigas fue de 3, 6 y 10 por planta, respectivamente, mientras que a 6 plantas por contenedor se redujo a 2, 4 y 6 por planta, respectivamente.

Estos resultados permitieron concluir que tanto la productividad de soja como la de *E. colona* se modifican según la naturaleza de los recursos por los cuales compiten, donde se observó que la competencia por recursos subterráneos y la plena competencia producen el mayor impacto. Que la pérdida en la productividad de soja no se asoció a la densidad de *E. colona* y que la productividad de la maleza se modifica tanto por relaciones interespecíficas como intraespecíficas, con una marcada relación de densodependencia. Sería muy importante plantear este tipo de interacciones cultivo-maleza bajo condiciones de campo y con otras especies de maleza, para conocer el impacto de una maleza en el sistema de cultivo, como así también para utilizar esta información como base para la toma de decisiones de control.

INTRODUCCIÓN

La soja es el cultivo extensivo de mayor importancia en la República Argentina, con aproximadamente 16,9 millones de hectáreas sembradas y una producción de alrededor 45 millones de toneladas en la campaña 2020/2021 (BCR, 2022). Es por ello que el país es uno de los principales productores y exportadores a nivel mundial de poroto de soja y ciertos subproductos, como aceite y pellets (Aizen *et al.* 2009; USDA, 2022). En los últimos años, se han incrementado los costos de producción, entre ellos, los asociados a la protección del cultivo (BCR, 2022).

De las adversidades bióticas consideradas en la protección vegetal, las malezas generan el mayor impacto negativo (Rodríguez *et al.* 2019). Esto puede deberse a la interferencia directa sobre los cultivos, a través de la competencia y/o la alelopatía, y los efectos indirectos, como incrementar los costos de producción, reducir la calidad de los granos cosechados, dificultar las labores y ser hospederas de plagas y enfermedades (Bedmar *et al.* 2000).

Competencia cultivo-maleza

Cuando las malezas conviven con el cultivo pueden competir por agua, nutrientes presentes en el suelo y radiación solar (Zimdahl, 2004). La competencia es una relación negativa que afecta tanto al cultivo como a las malezas, dado que requieren uno o más recursos que se encuentran provistos en forma escasa. Esto conlleva a que por lo menos uno de los individuos participantes reduzca la probabilidad de subsistir o de dejar descendencia (Acciaresi *et al.* 2014).

Entre los factores por los cuales compiten, el agua resulta el más limitante en la producción bajo condiciones de secano, donde la capacidad de competir por este recurso se relaciona en gran parte con el volumen de suelo explorado por las raíces (Hall *et al.* 1992; Acciaresi *et al.* 2014). En el caso de los macronutrientes como el N, P y S y los micronutrientes como B y Zn, además de la habilidad de las plantas para obtenerlos, es importante considerar la movilidad en el suelo de cada elemento, la fertilización, la demanda de cada especie, entre otros (García, 2002; Melgar *et al.* 2001).

La importancia que tome cada recurso en una relación de competencia depende fuertemente de su disponibilidad, siendo frecuente que más de uno sea limitante ya que en producciones extensivas esto depende del clima, el manejo del cultivo y el tipo de suelo (Acciaresi *et al.* 2014; Bedmar *et al.* 2000).

Así, Acciaresi *et al.* (2003) hallaron que la competencia entre el cultivo de trigo y raigrás anual (*Lolium multiflorum*) por recursos subterráneos produce un mayor impacto negativo que la competencia aérea sobre la producción de materia seca aérea y de grano. Resultados similares fueron obtenidos por Semere y Froud-Williams (2001) en estudios llevados a cabo con plantas de maíz y diferentes variedades de arveja bajo estrés hídrico. Asimismo, Satorre y Snaydon (1992) observaron que cuando convivían cultivares de trigo, cebada y avena con la maleza avena (*Avena fatua*) el mayor efecto competitivo se manifestó por el uso de recursos subterráneos.

La importancia de *Echinochloa colona* en los cultivos extensivos

Dentro de las malezas que pueden afectar al cultivo, *Echinochloa colona* (L.) Link es una de las más problemáticas a nivel mundial (Peerzada *et al.* 2016). Es una gramínea anual, primavera-estival, C4, herbácea, altamente competitiva y de rápido crecimiento (Holm *et al.* 1977) facilitado, posiblemente, por su plasticidad morfológica ya que puede crecer de forma postrada hasta erecta, variando el número de vástagos, la materia seca y la producción de semillas según la condición de densidad en la que crecen los individuos (Picapietra y Acciaresi, 2018). Una vez liberadas de la planta madre, las semillas mantienen la capacidad de germinar durante un periodo extenso y por lo general presentan dormición, la cual puede durar varios meses (Picapietra y Acciaresi, 2022).

En el Norte de la provincia de Buenos Aires, *E. colona* se encuentra ampliamente difundida siendo maleza en cultivos de maíz y soja (Acciaresi y Principiano, 2020) y puede emerger desde alrededor del mes de septiembre hasta enero (Picapietra y Acciaresi, 2021). Sin embargo, la dinámica de emergencia se ve alterada por factores ambientales (Zhang *et al.* 2023). A esto se suma que desde 2009 se ha documentado el primer biotipo resistente a glifosato y en la actualidad, se encuentran numerosas poblaciones identificadas como resistentes a glifosato en el centro y norte del país (Heap, 2022; REM, 2022).

E. colona es considerada una maleza competitiva (Rao *et al.* 2007; Chander *et al.* 2008), con una elevada tasa de crecimiento inicial y acumulación de materia seca aérea (Hegazy *et al.* 2005). En arroz puede reducir el rendimiento en un 43% a 76% (Mercado y Talatala, 1977; Suriapermana, 1977) hasta un 100% en condiciones de siembra directa (Singh *et al.* 2006).

En algodón, se registraron pérdidas en el rendimiento del orden del 74% en combinación con *Trianthema portulacastrum* L. y *Cyperus rotundus* L. (Guantes y Mercado, 1975).

En el cultivo de soja se cuantificaron pérdidas que van desde 26 kg ha⁻¹ con una planta por m⁻² (Pautasso, 2015) hasta pérdidas superiores al 50% en situaciones de alta infestación, con casi la totalidad del suelo cubierto por *E. colona* (Picapietra y Ponsa, 2015).

Diseño de experimentos para el estudio de la competencia

Diversos métodos fueron diseñados para el estudiar la relación cultivo-maleza, entre ellos, los diseños aditivos en donde se mantiene constante la densidad del cultivo y varía la densidad de la maleza, y los diseños sustitutivos, que mantienen fija la densidad final de plantas bajo estudio y se modifica la proporción de estas en la mezcla (Swanton *et al.* 2015). Otro diseño fue propuesto por Donald (1958), el cual permite evaluar la naturaleza de la competencia, es decir, el impacto de la competencia aérea y/o subterránea a través de la partición de contenedores, del cual surgieron modificaciones (Schreiber, 1967).

Es de gran relevancia la determinación del efecto de esta interacción en función del tipo de recursos por los cuales compiten las especies, entendiéndose por tal la competencia por recursos aéreos y/o subterráneos, dado que a partir de ello puede ajustarse un sistema de manejo en función de la competitividad de los cultivos con las malezas, además de conocer el punto crítico de la maleza para la implementación de una determinada práctica de control (Scavo y Mauromicale, 2020).

Dada la importancia de *E. colona* en el cultivo de soja, el presente trabajo se enfocó en determinar la naturaleza de la competencia (aérea y/o subterránea) y la incidencia mutua, tanto en la productividad del cultivo como en la maleza, entendiéndose por tal a la acumulación de materia seca y desarrollo vegetativo/reproductivo. Es decir, esta información es crucial no solo para determinar el grado de impacto en la productividad del

cultivo de acuerdo con la naturaleza de los recursos por los que compiten, sino también la implicancia del cultivo sobre la productividad de la maleza.

HIPÓTESIS

-La productividad de soja y *E. colona* es modificada de manera diferencial según la naturaleza de la competencia por recursos subterráneos o aéreos.

-La productividad de soja es modificada por la variación de la densidad de *E. colona*.

-La productividad de *E. colona* por individuo y por área es modificada por la competencia inter e intraespecífica.

OBJETIVO GENERAL

Estudiar la competencia entre *E. colona* y el cultivo de soja en función de la naturaleza de los recursos con distintas densidades de la maleza.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

-Cuantificar la productividad del cultivo de soja en función de la naturaleza de la competencia.

-Cuantificar la productividad del cultivo de soja en función de la densidad de *E. colona*.

-Cuantificar la productividad de *E. colona* y determinar los cambios morfológicos en los individuos en función de la competencia inter e intraespecífica.

Palabras clave: Interferencia, productividad, partición de recursos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se llevó a cabo en la Estación Experimental Agropecuaria del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria en Pergamino (EEA INTA Pergamino), Buenos Aires, Argentina (33° 56' S y 60° 33' O), en una cámara de crecimiento bajo condiciones controladas.

La técnica experimental para la evaluación de la competencia se ajustó a la descrita por Schreiber (1967), limitada para el estudio de la competencia temprana. La misma indica que al particionar un contenedor compuesto por una parte aérea y una subterránea, es posible evaluar 4 modos de competencia.

Unidad experimental

Se utilizaron 36 contenedores formados por dos cilindros de PVC de 16 cm de diámetro exterior y 25 cm de altura. El cilindro inferior consistió en una tapa con perforaciones en la base y un tabique de PVC central que divide al cilindro en dos mitades, con un área de 93,85 cm² cada una (Figura 1; anexo, fotografía 1). El cilindro superior consistió en un tabique igual al utilizado en la parte inferior (Figura 1b; anexo, fotografía 2). Ambos tabiques se orientaron perpendicularmente, de manera tal que se obtuvieron cuatro secciones transversales (Figura 1c).

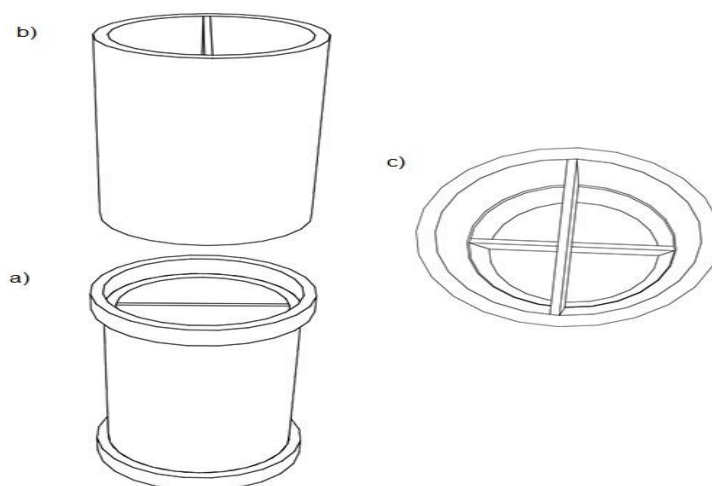


Figura 1. Esquema de la unidad experimental. Cilindro inferior (a) y superior (b) en vista frontal superior y la superposición de los dos cilindros en vista superior (c).

Diseño experimental

Se realizó un diseño completamente aleatorizado con arreglo factorial con 2 factores y 3 repeticiones, donde un factor fue la densidad de *E. colona* con 3 niveles, determinados por la densidad (2, 4 y 6 plantas por contenedor) y el otro factor fue la interacción competitiva entre *E. colona* y el cultivo, con cuatro niveles determinados por la naturaleza de la competencia, libre de competencia (LC), competencia subterránea (CS), competencia aérea (CA) y competencia plena (CP).

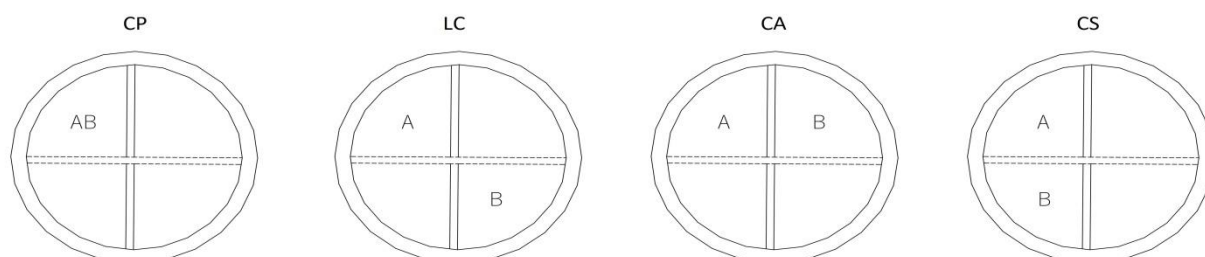


Figura 2. Diagrama de los contenedores (cilindros) vistos desde arriba, las particiones aéreas (líneas punteadas) y subterráneas (líneas enteras) y el esquema de competencia entre soja (A) y *E. colona* (B): competencia plena (CP), libre de competencia (LC), competencia aérea (CA) y competencia subterránea (CS).

Siembra y acondicionamiento de los contenedores

Los contenedores se completaron con sustrato, para lo cual se utilizó un suelo Argiudol típico de un lote de la EEA INTA Pergamino, previamente homogeneizado y tamizado.

Se sembraron 20 semillas de *E. colona* el 17/11/2021 en un cuarto de la superficie del contenedor y se cubrieron con una fina capa del mismo. Cuando las plántulas desplegaron la primera hoja se raleó para definir la densidad de 2, 4 o 6 plantas por contenedor. Luego, antes de desplegar completamente la segunda hoja, se sembraron dos semillas de soja en el cuadrante correspondiente del contenedor a una profundidad de 3 cm, para asegurar el establecimiento de una planta por contenedor. La variedad que se utilizó fue la NS 3812 STS, de la empresa Nidera Semillas.

Los contenedores se llevaron a una cámara de crecimiento bajo condiciones controladas, con temperatura constante a 25 °C y fotoperiodo de 13 hs provisto por paneles led de espectro completo, dispuestos de manera equidistante a 35 cm del borde de la subunidad superior de los contenedores.

En intervalos de 3-5 días, se regó con una lámina de agua de 8 mm, lograda con 75 ml de agua distribuidos de manera homogénea dentro de cada contenedor. Se eliminaron manualmente todas las malezas indeseadas que emergieron del sustrato y se rotó de forma al azar la posición de los contenedores dentro de la cámara.

Muestreo del material vegetal

El 10/1/2022, las plantas alcanzaron el estado reproductivo y se obtuvo la biomasa aérea. Para ello, las plantas de *E. colona* se cortaron a nivel del suelo y las plantas de soja a la altura del nudo cotiledonar.

En las plantas de soja se cuantificó la altura desde la zona de corte hasta el último nudo con una cinta métrica. Se contó el número de nudos y vainas por planta y se colocaron en sobres de papel. En *E. colona* se registró el número de macollos por planta y por contenedor y, en los reproductivos, la altura hasta el nudo de inserción de la panoja (con una cinta métrica), el número de nudos y de espigas por panoja, por vástago y por contenedor, y se colocaron en sobres de papel. Los sobres se colocaron en estufa a 52 °C por 48 horas y luego se pesaron con una balanza digital de precisión ($d=0,01$) para determinar la materia seca aérea (MSA) tanto de la maleza como de la soja.

Análisis estadístico

Los datos fueron analizados en el software estadístico Infostat (Di Rienzo *et al.* 2017), mediante modelos generales lineales y mixtos (MGLM). Se evaluó la respuesta de la productividad del cultivo y *E. colona* en función de cada uno de los factores (nivel de competencia y densidad de la maleza) y su interacción, en un diseño con arreglo factorial (Ec. 1).

$$\text{Ec. 1} \quad Y = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha_i * \beta_j) + \varepsilon_{ij}$$

Donde Y es la variable respuesta, α_i es el efecto del *i*ésimo nivel de densidad de *E. colona* (tres niveles), β_j es el efecto de la *j*ésima partición de la competencia (cuatro niveles) y ε_{ij} es el error experimental.

La comparación de medias se realizó mediante la prueba de Fisher ($\alpha=0,05$). Las salidas del análisis estadístico se encuentran en la sección 'Anexo'.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Variaciones en el cultivo de soja

Se observó que la altura de las plantas, los nudos por planta, el número de vainas y la materia seca aérea de la soja estuvieron afectadas significativamente por la naturaleza de la competencia ($p<0,05$). Las variables tuvieron su máxima expresión significativa ($p<0,05$) en los contenedores “libres de competencia” y “competencia aérea”, sin diferencias entre sí.

La competencia subterránea entre el cultivo y la maleza provocó una reducción mayor que la competencia completa, siendo estadísticamente significativa ($p<0,05$) para la altura de soja (figura 3a). Esta reducción de la altura fue observada por Caratti *et al.* (2016), quienes describieron un comportamiento similar aunque sin diferencias significativas. Tal como señaló Cahill (1999), un condicionamiento en la forma de obtener los recursos podría verse reflejado en la estructura de la planta, en este caso en la altura. Esta

variación en la altura estaría afectada, entre otras cosas, por el cultivar de soja evaluado y por las condiciones experimentales (Bianchi *et al.* 2006).

El número de nudos (figura 3b), de vainas por planta (figura 3c) y la acumulación de materia seca aérea (figura 3d) fueron mayores en la situación de libre competencia y competencia aérea con respecto a la competencia plena y subterránea ($p < 0,05$). De esta manera, la acumulación de materia seca aérea y el número de nudos y vainas por planta de soja estaría condicionado por la competencia por recursos subterráneos, lo que coincide con las observaciones realizadas por Bianchi *et al.* (2006), quienes agregaron que puede existir una variación impartida por el cultivar de soja evaluado.

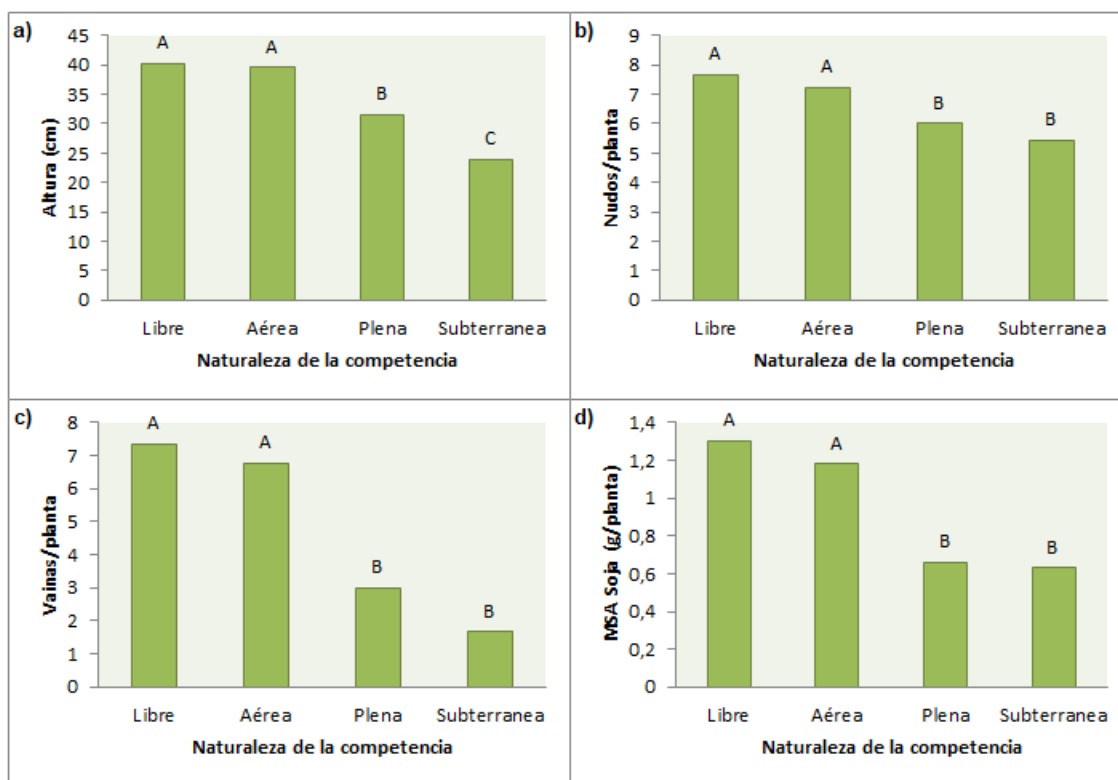


Figura 3. Altura (a, cm), número de nudos (b, /planta), número de vainas (c, /planta) y MSA (d, g/planta) por planta de soja en función de la naturaleza de la competencia con *E. colona*. Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

El factor densidad de *E. colona* no tuvo significancia estadística, lo cual difiere de lo mencionado por Vail y Oliver (1993), quienes determinaron una reducción en el rendimiento de hasta un 78% cuando la densidad de *Echinochloa* fue de 500 plantas m^{-1} . Sin embargo, Basinger *et al.* (2019) no hallaron diferencias significativas en la biomasa de

soja cuando creció con las malezas *Amaranthus palmeri* y *Digitaria sanguinalis*, ya sea por la variación en la densidad o por la especie. En líneas generales, se observó una tendencia en la disminución del número de vainas y de la materia seca aérea de la soja conforme al aumento de la densidad de *E. colona*.

Variaciones en *E. colona*

Las variables número de macollos por planta y por contenedor, la MSA aérea, el número de espigas por planta y el número de nudos por planta se vieron afectados tanto por la naturaleza de la competencia como por la variación en la densidad ($p < 0,05$). Se observó que las variables medidas tuvieron valores menores en competencia plena con respecto a competencia aérea o subterránea. La situación libre de competencia tuvo un comportamiento intermedio con respecto a las demás condiciones de competencia (Figuras 4, 5, 6 y 7). En tanto que el número de nudos por contenedor se vio afectado solo por la densidad de la maleza y no por la naturaleza de la competencia ($p > 0,05$). Por otro lado, al igual que para soja, no fue significativa ($p > 0,05$) la interacción entre los dos factores.

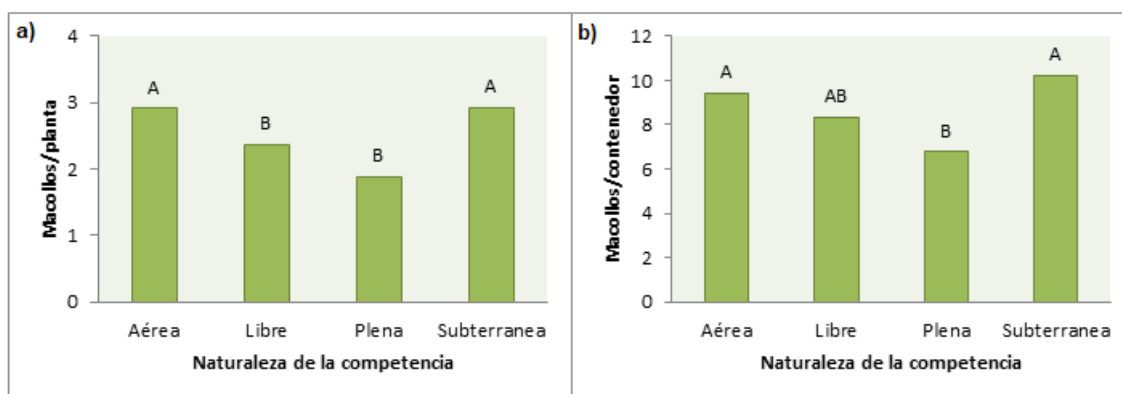


Figura 4. Número de macollos por planta (a) y por contenedor (b) de *E. colona* y la naturaleza de la competencia con soja. Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$). Se expresa el promedio para las tres densidades evaluadas.

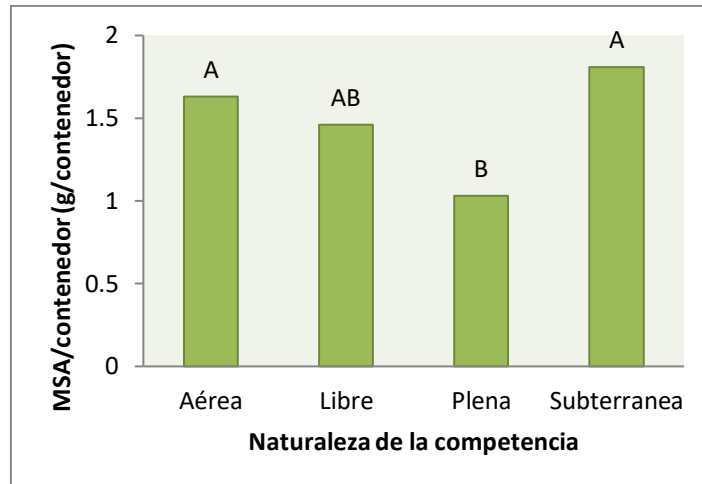


Figura 5. MSA (g/contenedor) de *E. colona* y la naturaleza de la competencia con soja. Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$). Se expresa la MSA promedio para las tres densidades evaluadas.

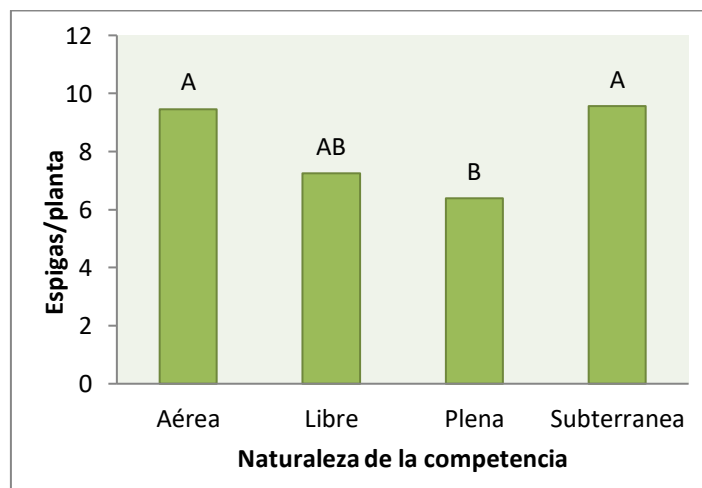


Figura 6. Número de espigas por planta de *E. colona* y la naturaleza de la competencia con soja. Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$). Se expresa el promedio para las tres densidades evaluadas.

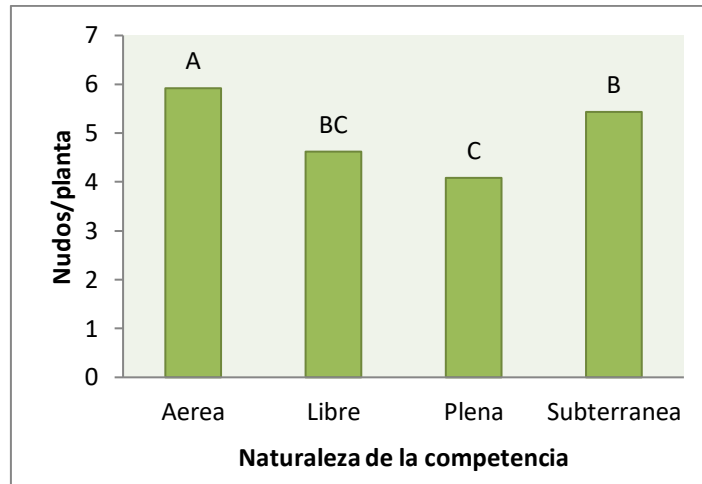


Figura 7. Número de nudos por planta de *E. colona* y la naturaleza de la competencia. Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$). Se expresa el promedio para las tres densidades evaluadas.

Se observó un marcado incremento en la MSA de *E. colona* por contenedor cuando las plantas crecieron junto a la soja bajo la condición de competencia subterránea, mayor al resto de los tratamientos. Varios estudios demostraron una mayor habilidad competitiva de *Echinochloa spp* cuando crecieron con soja y/o arroz, observándose una menor pérdida en la productividad de la maleza (Agostinetto *et al.* 2008; Rodríguez *et al.* 2017). El aumento en la MSA de *E. colona* en la situación de competencia subterránea podría estar vinculado, entre otras cosas, al aprovechamiento del nitrógeno del suelo, debido a que la soja podría suplir este recurso a través de la fijación biológica (Ledgard y Steele, 1992).

Sin embargo, la acumulación de MSA en situación de plena competencia no se relacionó con el comportamiento anteriormente detallado. Esto podría atribuirse a un posible efecto de interacción alelopática entre el cultivo y *E. colona*. En este sentido, Mahmoodzadeh y Mahmoodzadeh (2013) observaron un potencial alelopático en un extracto de brotes de soja, capaz de afectar el crecimiento de gramíneas como *Secale cereale* y *Sorghum alepense*. Otros estudios observaron un comportamiento similar sobre *Abutilon theophrasti* Medic y *Setaria italica* (L.) Beauv (Rose *et al.* 1984). Los resultados de trabajo sugieren que este impacto estaría asociado únicamente a la situación de plena competencia (figura 8).

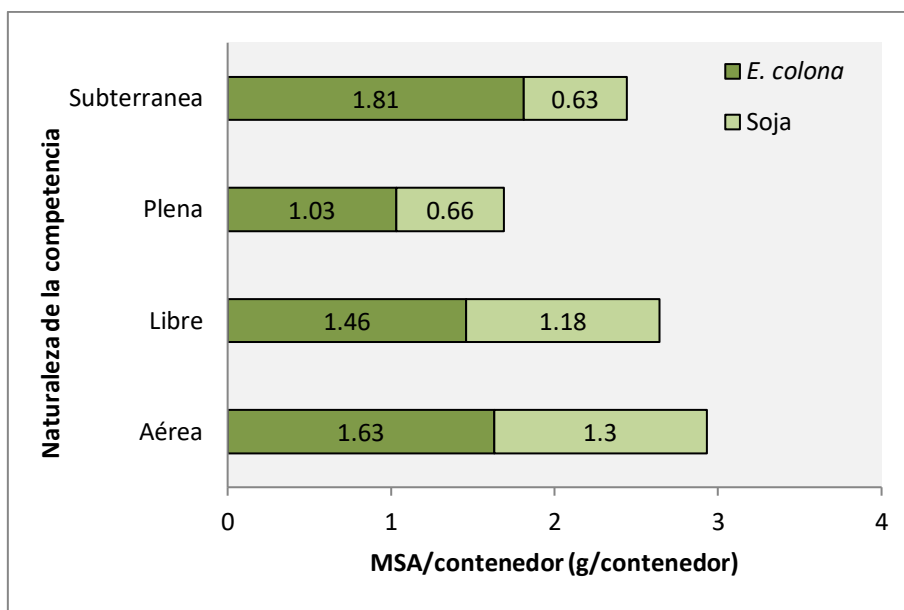


Figura 8. MSA por contenedor (g/contenedor) de soja (barras claras) y *E. colona* (barras oscuras) y la naturaleza de la competencia entre las especies. Se expresa la MSA de *E. colona* como el promedio para las tres densidades evaluadas.

El efecto de la densidad de *E. colona* observado en todas las variables cuantificadas responde al comportamiento densodependiente, en donde la productividad individual se reduce de manera significativa en la medida que aumenta la densidad. Este hecho refleja la relación inversa cuando se cuantifica la productividad por superficie (contenedor), donde se ve un incremento significativo de la producción de la población a medida que aumenta la densidad. Esto coincide con lo observado por otros autores, que determinaron un importante impacto de la competencia intraespecífica sobre la morfología de *E. colona*, aun mayor al de la competencia interespecífica con dos cultivares de soja (Bastiani *et al.* 2016).

El promedio del número de macollos por planta fue de 3,5, 2,5 y 1,6 macollos para la densidad de 2, 4 y 6 plantas de *E. colona*, respectivamente (figura 9). Esto también se relaciona con el comportamiento densodependiente, asociado a la competencia intraespecífica, lo cual coincide con lo determinado por Picapietra y Acciaresi (2018), quienes describieron una menor producción de macollos cuando las plantas crecieron a una mayor densidad. Además, se observó que los macollos fueron de un menor tamaño. Tal como se describió anteriormente, el comportamiento densodependiente favoreció a

que a las densidades de 4 y 6 plantas por contenedor, ante una menor producción de macollos por individuo, se haya mantenido el número de macollos totales (figura 9).

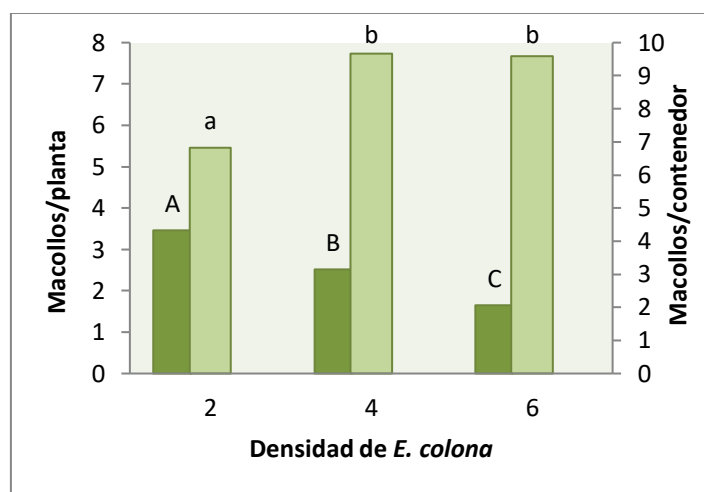
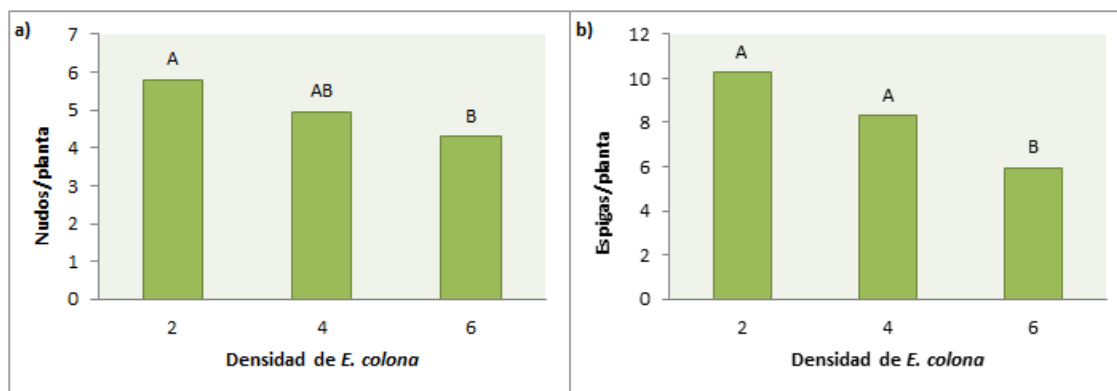


Figura 9. Número de macollos por planta (barras oscuras) y por contenedor (barras claras) de *E. colona* en función de la densidad. Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

El número de nudos y espigas por planta también presentó un comportamiento densodependiente, donde se observaron las diferencias entre 2 y 6 plantas por contenedor (figura 10a-b). Se observó una reducción en el número de espigas por planta del 42% conforme al aumento de la densidad. Este resultado fue similar a lo registrado por Vail y Oliver (1993) bajo condiciones de campo, quienes encontraron que tanto el número de panojas como el peso seco de las mismas disminuyeron a medida que aumento la densidad debido a la competencia intraespecífica.



Figuras 10. Número de nudos (a) y espigas (b) por planta de *E. colona* en función de la densidad. Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

La MSA total de *E. colona* por contenedor fue de 1,01, 1,93 y 1,51 gramos para la densidad de 2, 4 y 6 plantas/contenedor, respectivamente (figura 11). En este caso, se encuentra incluido tanto el efecto la competencia intraespecífica como el de la interespecífica.

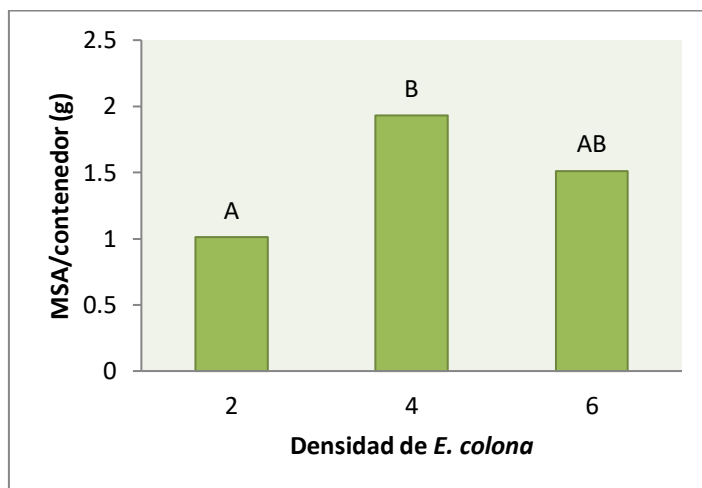


Figura 11. MSA (g/contenedor) de *E. colona* en función de la densidad. Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

Por último, no se observaron diferencias significativas en el número de nudos entre las dos densidades más bajas evaluadas (figura 12). Esta respuesta se explica como la interacción de las variables macollos por contenedor y nudos por macollo. Si bien a las densidades de 4 y 6 plantas no hubo diferencias entre la cantidad de macollos por contenedor, en este trabajo no se diferenció el origen de los macollos, sea primario, secundario o terciario, en donde se pueden hallar las diferencias en el número de nudos.

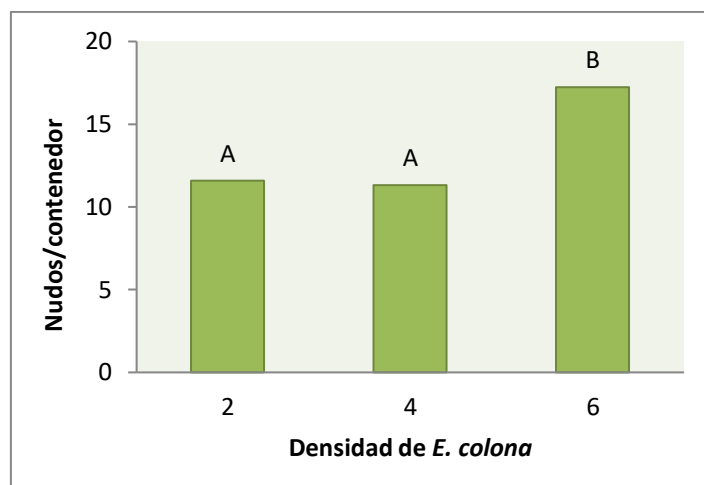


Figura 12. Número de nudos de *E. colona* por contenedor en función de la densidad. Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

CONCLUSIÓN

Los resultados obtenidos en este trabajo permiten concluir que tanto la productividad de soja como la de *E. colona* se modifican según la naturaleza de los recursos por los cuales compiten, donde se observó que la competencia por recursos subterráneos y la plena competencia producen el mayor impacto. De esta manera se acepta la primera hipótesis planteada. Sin embargo, la pérdida de productividad de soja no estuvo asociada de manera significativa a un valor de densidad de *E. colona*, por lo cual se rechaza la segunda hipótesis planteada y se concluye que, al menos bajo las condiciones de este trabajo, la productividad de soja no se modifica por el cambio en la densidad de la maleza.

En cuanto a la productividad de *E. colona*, se vio alterada por un efecto de competencia intraespecífica al aumentar la densidad, lo que produjo cambios en la morfología de la planta, principalmente una reducción del número de macollos, espigas y nudos. Por otro lado, el efecto interespecífico, al crecer junto con la soja, se expresó mediante una respuesta variada de acuerdo con la naturaleza del recurso compartido. Estos resultados permiten aceptar la tercera hipótesis planteada y concluir que *E. colona* modifica las estructuras aéreas al crecer con la soja y, en este ajuste, si bien se reduce la

productividad individual, la productividad por superficie tiende a maximizarse expresando así una marcada relación de densodependencia.

Sería muy importante plantear este tipo de interacciones cultivo-maleza bajo condiciones de campo y con otras especies de malezas, para contribuir con la comprensión de estas relaciones complejas y generar información crucial para la determinación de la importancia de una maleza en el sistema agrícola y su posible impacto, como así también para utilizar esta contribución como base para la toma de decisiones de control.

BIBLIOGRAFÍA

- Acciaresi, HA; Chidichimo, HO; Sarandón, SJ. 2003. Shoot and root competition in a *Lolium multiflorum*-wheat association. *Biological agriculture & horticulture*. 21(1):15-33.
- Acciaresi, HA; Sobrero, MT; Leguizamón, ES. 2014. Interacción maleza-cultivo I: Competencia, teorías, recursos y factores; estrategias competitivas. In Leguizamón, ES; Fernandez, OA; Acciaresi, HA. eds. *Malezas e invasoras de la Argentina: ecología y manejo*. Bahía Blanca, Argentina. Ediuns. t. 1, p. 172-197.
- Acciaresi, HA; Principiano, MA. 2020. Distribución y abundancia de malezas resistentes y tolerantes a herbicidas en el noroeste de la Provincia de Buenos Aires: Octavo informe: Período primavera-verano 2019-20. Pergamino, Argentina, EEA Pergamino, INTA. 9 p.
- Agostinetto, D; Galon, L; Moraes, PVD; Rigoli, RP; Tironi, SP; Panozzo, LE. 2008. Relative competitiveness between flooded rice cultivars and *Echinochloa spp.* *Planta Daninha*. 26: 757-766.
- Aizen, MA; Garibaldi, LA; Dondo, M. 2009. Expansión de la soja y diversidad de la agricultura argentina. *Ecología austral*. 19(1):45-54.
- Basinger, NT; Jennings, KM; Monks, DW; Jordan, DL; Everman, WJ; Hestir, EL; Brownie, C. 2019. Large crabgrass (*Digitaria sanguinalis*) and Palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) intraspecific and interspecific interference in soybean. *Weed Science*. 67(6):649-656.
- Bastiani, MO; Lamego, FP; Agostinetto, D; Langaro, AC; Silva, DCD. 2016. Relative competitiveness of soybean cultivars with barnyardgrass. *Bragantia*, 75:435-445.
- BCR, 2022. Bolsa de comercio de Rosario (en línea). Consultado en abril de 2022. Disponible en <https://www.bcr.com.ar>
- Bedmar, F; Eyherabide, JJ; Satorre, EH. 2000. Bases para el manejo de malezas. In Andrade, FH; Sandras, VO. eds. *Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja*. EEA INTA Balcarce, Facultad de Ciencias Agrarias, UNMP. p. 269-307.

- Bianchi, MA; Fleck, NG; Dillenburg, LR. 2006. Partição da competição por recursos do solo e radiação solar entre cultivares de soja e genótipos concorrentes. *Planta Daninha*. 24: 629-639.
- Cahill Jr., JF. 1999. Fertilization effects on interactions between above-and belowground competition in an old field. *Ecology*. 80(2): 466-480.
- Caratti, FC; Lamego, FP; Silva, JDG; Garcia, JR; Agostinetto, D. 2016. Partitioning of competition for resources between soybean and corn as competitor plant. *Planta Daninha*. 34: 657-666.
- Chander, S; Daryael, MG; Aggarwa, PK. 2008. Assessment of crop losses due to insect pests and weeds in rice (*Oryza sativa*). 78:333-336.
- Di Rienzo, JA; Casanoves, F; Balzarini, MG; Gonzalez, L; Tablada, M; Robledo, CW. InfoStat versión 2017. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>.
- Donald, CM. 1958. The interaction of competition for light and for nutrients. *Australian Journal of Agricultural Research*. 9(4):421-435.
- García, FO. 2002. Manejo de la fertilidad de suelos y fertilización de cultivos para altos rendimientos en la región pampeana argentina. In Conferencia Fertilizantes Cono Sur.
- Guantes, MM; Mercado, BL. 1975. Competition of *Cyperus rotundus* L., *Echinochloa colonum* (L.) Link and *Trianthema portulacastrum* L. with cotton. *Philippine Agriculturist*. 59:167-177.
- Hall, AJ; Rebella, CM; Ghera, CM; Culot, JPh. 1992. Field crop systems of the Pampas. In Pearson, CJ. Eds. *Field Crop Ecosystems. Ecosystems of the World*. Elsevier, Amsterdam. (18): p 413-450.
- Heap, I. The International Herbicide-Resistant Weed Database (en línea). Consultado en octubre de 2022. Disponible en www.weedscience.org.
- Hegazy, AK; Fahmy, GM; Ali, MI; Gomaa, NH. 2005. Growth and phenology of eight common weed species. *Journal of Arid Environments*. 61(2):171-183.
- Holm, LG; Plucknett, DL; Pancho, JV; Herberger, JP. 1977. The world's worst weeds. Distribution and biology. Honolulu, Hawaii, EE. UU, University Press of Hawaii. p. 565-586.

- Ledgard, SF; Steele, KW. 1992. Biological nitrogen fixation in mixed legume/grass pastures. *Plant and soil*. 141:137-153.
- Leguizamón, ES; Acciaresi HA. 2014. Interacción maleza-cultivo II: Relaciones funcionales entre las malezas y los cultivos. In Leguizamón, ES; Fernández, OA; Acciaresi, HA. eds. *Malezas e invasoras de la Argentina: ecología y manejo*. Bahía Blanca, Argentina. Ediuns. t. 1, p. 200-225.
- Melgar, RJ; Lavandera, J; Duggan, MT; Ventimiglia, L. 2001. Respuesta a la fertilización con boro y zinc en sistemas intensivos de producción de maíz. *Ciencia del suelo*. 19(2):109-114.
- Mercado, BL; Talatala, RL. 1977. Competitive ability of *Echinochloa colonum* L. against direct-seeded lowland rice. In *Proceedings of the 6th Asian-Pacific Weed Science Society Conference, Indonesia*. 5 p.
- Pautasso, JM. 2015. Pérdida del rendimiento del cultivo de soja por la presencia de rama negra y capín. Ediciones INTA. INTA EEA Paraná. Serie extensión 76. 87-91.
- Mahmoodzadeh, H; Mahmoodzadeh, M. 2013. Allelopathic potential of soybean (*Glycine max* L.) on the germination and root growth of weed species. *Life science journal*. 10(5):63-69.
- Peerzada, AM; Bajwa, AA; Ali, HH; Chauhan, BS. 2016. Biology, impact, and management of *Echinochloa colona* (L.) Link. *Crop Protection*. 83:56-66.
- Picapietra, G; Ponsa, JC. 2015. Competencia y manejo de Capín de Arroz (*Echinochloa colona* (L.) Link) en el cultivo de soja (*Glycine max* (L.) Merr.).
- Picapietra, G; Acciaresi, HA. 2018. Relación entre el hábito de crecimiento y las estructuras aéreas vegetativas y reproductivas de Capín (*Echinochloa colona*). Ediciones INTA. *Revista de tecnología agropecuaria*. (38):43-46.
- Picapietra, G; Acciaresi, HA. 2021. Junglerice (*Echinochloa colona* L.) seedling emergence model as a tool to optimize pre-emergent herbicide application. *Italian Journal of Agronomy*. 16(4).
- Picapietra, G; Acciaresi, HA. 2022. Overcoming seed dormancy of junglerice (*Echinochloa colona*). *Chilean journal of agricultural & animal sciences*, 38(2):154-163.
- Rao, AN; Johnson, DE; Sivaprasad, B; Ladha, JK; Mortimer, AM. 2007. Weed management in direct-seeded rice. *Advances in agronomy*. 93:153-255.

- REM, 2022. Red de manejo de plagas (en línea). Consultado en octubre de 2022. Disponible en <https://www.aapresid.org.ar/rem-malezas/mapa-malezas>
- Rodríguez, S; Kruk, BC; Satorre, EH. 2017. Habilidad competitiva de tres especies maleza gramínea durante el ciclo del cultivo de soja. In III Workshop Internacional de Ecofisiología de cultivos. Mar del Plata, Argentina. 2 p
- Rodríguez, S; Kruk, BC; Satorre, EH. 2019. Percepción de los agricultores de la Región Pampeana sobre las adversidades bióticas de los cultivos de grano. *Agronomía y Ambiente*. 39(1).
- Rose, SJ; Burnside, OC; Specht, JE; Swisher, BA. 1984. Competition and allelopathy between soybeans and weeds. *Agronomy Journal*. 76(4):523-528.
- Satorre, EH; Snaydon, RW. 1992. A comparison of root and shoot competition between spring cereals and *Avena fatua* L. *Weed Research*. 32(1):45-55.
- Scavo, A; Mauromicale, G. 2020. Integrated weed management in herbaceous field crops. *Agronomy*. 10(4):466.
- Schreiber, MM. 1967. A technique for studying weed competition in forage legume Establishment. *Weeds*. 15(1):1-4.
- Semere, T; Froud-Williams, RJ. 2001. The effect of pea cultivar and water stress on root and shoot competition between vegetative plants of maize and pea. *Journal of Applied Ecology*. 137-145.
- Singh, S; Bhushan, L; Ladha, JK; Gupta, RK; Rao, AN; Sivaprasad, B. 2006. Weed management in dry-seeded rice (*Oryza sativa*) cultivated in the furrow-irrigated raised-bed planting system. *Crop Protection*. 25(5):487-495.
- Suriapermana, S. 1977. Weed competition in transplanted rice. *International Rice Research Newsletter*. 2(3):9-10.
- Swanton, CJ; Nkoa, R; Blackshaw, RE. 2015. Experimental methods for crop–weed competition studies. *Weed Science*, 63(1):2-11.
- USDA, 2022. United States Department of Agriculture (en línea). Consultado en abril de 2022. Disponible en <https://www.fas.usda.gov/data/oilseeds-world-markets-and-trade>
- Vail, GD; Oliver, LR. 1993. Barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) interference in soybeans (*Glycine max*). *Weed Technology*. 7(1):220-225.

- Zhang, Z; Wang, H; Cao, J; Li, G; Chauhan, BS. 2023. Seed biology of alkali barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli* var. *zelayensis*) and junglerice (*Echinochloa colona*) for improved management in direct-seeded rice. *Weed Science*. 71(2):112-123.
- Zimdahl, RL. 2004. *Weed-Crop interaction: a review*. Blackwell Publishing. Iowa, USA.

ANEXOS

| | numDF | F-value | p-value |
|-------------|-------|---------|---------|
| (Intercept) | 1 | 518,56 | <0,0001 |
| a) COMP | 3 | 0,63 | 0,5983 |
| DENS | 2 | 1,51 | 0,2263 |
| COMP:DENS | 6 | 0,59 | 0,7382 |

| | numDF | F-value | p-value |
|-------------|-------|---------|---------|
| (Intercept) | 1 | 1755,28 | <0,0001 |
| b) COMP | 3 | 10,86 | 0,0001 |
| DENS | 2 | 0,66 | 0,5279 |
| COMP:DENS | 6 | 0,61 | 0,7165 |

| | numDF | F-value | p-value |
|-------------|-------|---------|---------|
| (Intercept) | 1 | 288,49 | <0,0001 |
| c) COMP | 3 | 25,46 | <0,0001 |
| DENS | 2 | 1,53 | 0,2379 |
| COMP:DENS | 6 | 0,68 | 0,6696 |

| | numDF | F-value | p-value |
|-------------|-------|---------|---------|
| (Intercept) | 1 | 261,48 | <0,0001 |
| d) COMP | 3 | 8,89 | 0,0004 |
| DENS | 2 | 1,44 | 0,2575 |
| COMP:DENS | 6 | 0,71 | 0,6483 |

Anexo 1. Análisis estadístico para las variables altura (a), número de nudos por planta (b), número de vainas por planta (c) y materia seca aérea (d) por planta de soja, para la partición del recurso (COMP), la densidad de *Echinochloa colona* (DENS) y la interacción (COMP:DENS). Expresión de los grados de libertad (numDF), estadístico F (F-value) y valor p (p-value) considerando un $(\alpha: 0,05)$.

| | numDF | F-value | p-value |
|-------------|-------|---------|---------|
| (Intercept) | 1 | 696,30 | <0,0001 |
| a) COMP | 3 | 6,87 | 0,0002 |
| DENS | 2 | 31,08 | <0,0001 |
| COMP:DENS | 6 | 1,45 | 0,1989 |

| | numDF | F-value | p-value |
|-------------|-------|---------|---------|
| (Intercept) | 1 | 597,37 | <0,0001 |
| b) COMP | 3 | 4,41 | 0,0132 |
| DENS | 2 | 6,85 | 0,0044 |
| COMP:DENS | 6 | 0,57 | 0,7492 |

Anexo 2. Análisis estadístico para las variables número de macollos por planta (a) y por contenedor (b) de *Echinochloa colona* de acuerdo con la partición del recurso (COMP), la densidad de *E. colona* (DENS) y la interacción (COMP:DENS). Expresión de

los grados de libertad (numDF), estadístico F (F-value) y valor p (p-value) considerando un (α : 0,05).

| | numDF | F-value | p-value |
|-------------|-------|---------|---------|
| (Intercept) | 1 | 223,61 | <0,0001 |
| COMP | 3 | 2,87 | 0,0572 |
| DENS | 2 | 7,11 | 0,0038 |
| COMP:DENS | 6 | 1,24 | 0,3234 |

Anexo 3. Análisis estadístico para la variable materia seca aérea de *Echinochloa colona* por contenedor de acuerdo con la partición del recurso (COMP), la densidad de *E. colona* (DENS) y la interacción (COMP:DENS). Expresión de los grados de libertad (numDF), estadístico F (F-value) y valor p (p-value) considerando un (α : 0,05).

| | numDF | F-value | p-value |
|-------------|-------|---------|---------|
| (Intercept) | 1 | 296,98 | <0,0001 |
| COMP | 3 | 2,84 | 0,0425 |
| DENS | 2 | 7,70 | 0,0008 |
| COMP:DENS | 6 | 1,58 | 0,1637 |

Anexo 4: Análisis estadístico para la variable espigas por planta de *Echinochloa colona* de acuerdo con la partición del recurso (COMP), la densidad de *E. colona* (DENS) y la interacción (COMP:DENS). Expresión de los grados de libertad (numDF), estadístico F (F-value) y valor p (p-value) considerando un (α : 0,05).

| | numDF | F-value | p-value |
|-------------|-------|---------|---------|
| (Intercept) | 1 | 296,98 | <0,0001 |
| COMP | 3 | 2,84 | 0,0425 |
| DENS | 2 | 7,70 | 0,0008 |
| COMP:DENS | 6 | 1,58 | 0,1637 |

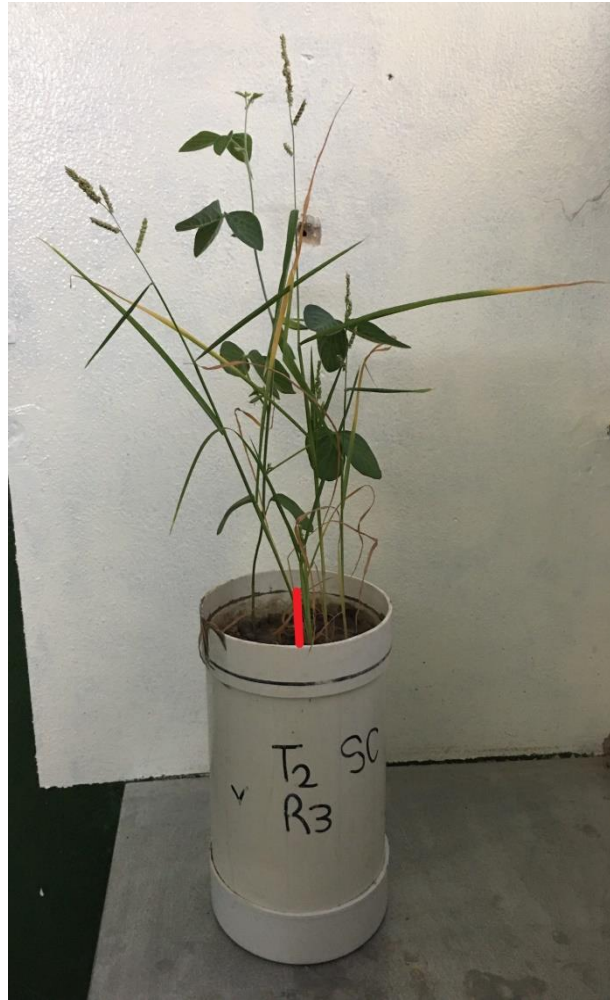
Anexo 5. Análisis estadístico para la variable nudos por planta de *Echinochloa colona* de acuerdo con la partición del recurso (COMP), la densidad de *E. colona* (DENS) y la interacción (COMP:DENS). Expresión de los grados de libertad (numDF), estadístico F (F-value) y valor p (p-value) considerando un α : 0,05).

| | numDF | F-value | p-value |
|-------------|-------|---------|---------|
| (Intercept) | 1 | 209,49 | <0,0001 |
| COMP | 3 | 1,48 | 0,2457 |
| DENS | 2 | 4,36 | 0,0242 |
| COMP:DENS | 6 | 0,71 | 0,6420 |

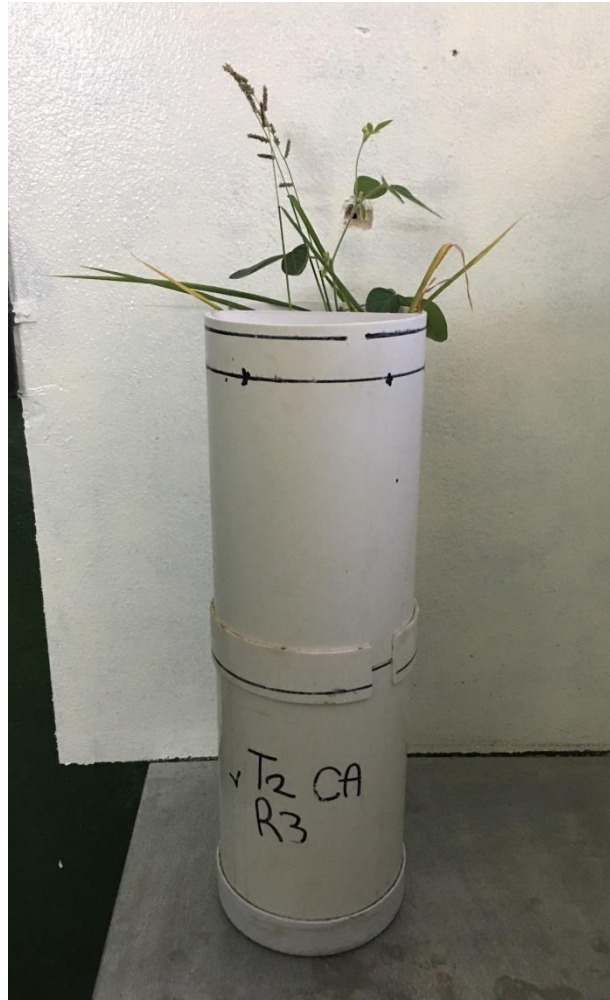
Anexo 6. Análisis estadístico para la variable nudo por contenedor de *Echinochloa colona* de acuerdo con la partición del recurso (COMP), la densidad de *E. colona* (DENS) y la interacción (COMP:DENS). Expresión de los grados de libertad (numDF), estadístico F (F-value) y valor p (p-value) considerando un α : 0,05).

| | numDF | F-value | p-value |
|-------------|-------|---------|---------|
| (Intercept) | 1 | 167,18 | <0,0001 |
| COMP | 3 | 1,77 | 0,1789 |
| DENS | 2 | 0,77 | 0,4762 |
| COMP:DENS | 6 | 0,88 | 0,5223 |

Anexo 7. Análisis estadístico para la variable espigas de *Echinochloa colona* por contenedor de acuerdo con la partición del recurso (COMP), la densidad de *E. colona* (DENS) y la interacción (COMP:DENS). Expresión de los grados de libertad (numDF), estadístico F (F-value) y valor p (p-value) considerando un α : 0,05).



Fotografía 1. Subunidad inferior de la unidad experimental, para la situación libre de competencia y una densidad de *Echinochloa colona* de 2 plantas por contenedor. La línea roja central indica el tabique subterráneo. (10/01/2022).



Fotografía 2. Unidad experimental completa, para la situación de competencia aérea y una densidad de *Echinochloa colona* de 2 plantas por contenedor. (10/01/2022)