



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR  
DEPARTAMENTO DE AGRONOMÍA  
Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina  
10 de agosto de 2022

*EVALUACIÓN DEL EFECTO  
ALELOPÁTICO DE DIVERSAS  
VARIETADES DE CENTENO  
(*Secale cereale L.*) SOBRE  
MALEZAS POÁCEAS DE  
INVIERNO*

TRABAJO DE INTENSIFICACIÓN PARA OPTAR EL TÍTULO  
DE INGENIERO AGRÓNOMO

FLORENCIA BALLESI

Docente tutor:

Ing. Agr. (Dra.) María de las Mercedes Longás

Docentes consejeros:

Ing. Agr. (Dr.) Mario Ricardo Sabbatini

Ing. Agr. (Dr.) Guillermo Rubén Chantre

## Índice

Resumen.....	3
1. Introducción.....	5
1.1 Implicancia agronómica de las malezas.....	5
1.2 Consecuencias del control químico sobre las malezas.....	6
1.3 Manejo integrado de malezas.....	7
1.4 Cultivos de cobertura.....	7
1.5 Alelopatía.....	8
1.6 Malezas de la familia de las Poáceas (gramineas) problemáticas en el Sudoeste Bonaerense:.....	10
1.6.1 <i>Lolium</i> sp.....	10
1.6.2 <i>Avena fatua</i> .....	11
1.6.3 <i>Avena barbata</i> .....	12
2. Objetivos.....	13
2.1 Objetivo general.....	13
2.2 Objetivos específicos.....	13
3. Materiales y métodos.....	14
3.1 Especies evaluadas como plantas receptoras.....	14
3.1.1 <i>Lolium</i> sp.....	15
3.1.2 <i>Avena barbata</i> .....	15
3.1.3 <i>Avena fatua</i> .....	16
3.2 Especies evaluadas como planta donante.....	16
3.3 Obtención de plantas de centeno.....	17
3.4 Ensayo en laboratorio para la evaluación del efecto alelopático.....	18
3.4.1 Rizofera.....	19
3.4.2 Extractos vegetales.....	19
3.5 Análisis estadísticos.....	19
4. Resultados y Discusión.....	21
4.1 <i>Avena barbata</i> .....	21
4.2 <i>Avena fatua</i> .....	24
4.3 <i>Lolium</i> sp. resistente.....	27
4.4 <i>Lolium</i> sp. susceptible.....	29
5. Conclusión.....	33
6. Bibliografía.....	34

<b>7. Páginas web.</b> .....	37
<b>8. Anexos</b> .....	38
<b>8.1 Avena barbata</b> .....	38
<b>8.2 Avena fatua</b> .....	41
<b>8.3 Lolium sp. Resistente</b> .....	44
<b>8.4 Lolium sp. Susceptible</b> .....	47

## Resumen

Si bien se reconoce al centeno (*Secale cereale* L.) como un cultivo alelopático, se desconoce el potencial de los aleloquímicos producidos por diferentes variedades de centeno sobre poblaciones de especies problemáticas en el Sudoeste Bonaerense como lo son *Avena fatua* L. (Af), *Avena barbata* L. (Ab) y *Lolium* sp. resistente (LR) o susceptible (LS) a glifosato. El objetivo general de la presente tesina se basó en evaluar el efecto alelopático de tres variedades de centeno (Don Emilio INTA -E-, Don Ewald INTA -EW- y Don José INTA -J-) sobre las malezas anuales, pertenecientes a la familia de las Poáceas, anteriormente mencionadas. Para tal fin, para cada especie maleza, 30 semillas fueron incubadas a 15°C en cajas de Petri bajo nueve tratamientos con 4 repeticiones. Los tratamientos fueron: (i) suelo de la rizosfera embebido con agua destilada ( $E_t$ ,  $EW_t$  y  $J_t$ ), (ii) suelo embebido con extracto de raíz ( $E_r$ ,  $EW_r$  y  $J_r$ ), (iii) suelo embebido con extracto de biomasa aérea al macollaje ( $E_h$ ,  $EW_h$  y  $J_h$ ) y (iv) testigo con suelo y agua destilada. A los 7 días se cuantificó la cantidad y el largo de raicillas y coleoptiles y a los 15 días la germinación acumulada. El efecto alelopático varió en función del tratamiento, la variedad de centeno y la planta receptora. La germinación se redujo un 63% bajo  $EW_h$  en Ab ( $p < 0,0001$ ) y un 40% bajo  $E_h$  en Af ( $p < 0,0001$ ) respecto al testigo. La cantidad de plántulas de Ab con coleoptiles fue incrementada de 34% a 84% bajo  $E_t$  ( $p < 0,0002$ ) mientras que en Af el crecimiento del coleoptile fue nulo bajo  $E_h$  y  $EW_h$  ( $p = 0,01$ ). En Ab la cantidad de radículas disminuyó bajo  $EW_h$  ( $p = 0,0135$ ). Finalmente, el largo total de las radículas en Af disminuyó en los tratamientos  $E_h$  y  $J_{h-r-t}$  ( $p < 0,0011$ ) mientras que en Ab incrementó en el caso de  $J_t$  y  $E_t$ ; y disminuyó en  $EW_h$  y  $E_h$  ( $p < 0,0001$ ). Los resultados obtenidos muestran efectos alelopáticos inhibitorios sobre Af mientras que sobre Ab se manifiestan tanto de inhibición como de estímulo. En el caso de los cultivares de *Lolium* sp. (LS y LR), en ambos biotipos la germinación se inhibió un  $\approx 40\%$  por  $E_h$  y se estimuló  $\approx 10\%$  por  $J_t$  y  $E_t$  respecto al testigo. Las plántulas con coleoptiles fueron inhibidas casi totalmente por  $E_h$ ,  $EW_h$  y un 70% por  $J_r$  en LR ( $p < 0,0001$ ), mientras que se duplicó bajo  $E_{r-t}$  y  $J_{r-t}$  en LS ( $p < 0,005$ ). En LR el largo promedio de los coleoptiles del testigo fue de 0,73 cm disminuyendo en  $E_h$  y  $EW_{r-h}$  ( $p < 0,005$ ), mientras que el largo del coleoptile testigo de LS midió en promedio un cm y se incrementó en  $EW_{r-t}$ ,  $E_{r-t-h}$  y  $J_{r-t}$ . El largo de la radícula en LR disminuyó en  $E_{r-h}$  ( $p < 0,0001$ ) y en LS se incrementó en  $E_{r-t}$  ( $p = 0,0063$ ). Al manifestarse efectos alelopáticos, los resultados denotan una tendencia de estímulo en el crecimiento de las plántulas en LS e inhibitoria en LR.

**Palabras clave:** alelopatía, germinación, malezas, raigrás, avena negra.

## 1. Introducción

### 1.1 Implicancia agronómica de las malezas

La vegetación es la resultante de la acción de los factores ambientales y antrópicos y de procesos ecológicos y de evolución sobre el conjunto interactuante de las especies que cohabitan en un espacio continuo (Matteucci & Colma, 1982; Mortimer, 1996). En los ambientes agrícolas la vegetación predominante generalmente es un cultivo, encontrándose intercalada con malezas. Maleza se define a toda planta que interfiere con la utilización de recursos limitados produciendo un efecto económico negativo y/o un perjuicio sobre el bienestar o la salud del ser humano (Fernández *et al.*, 2014). Entre otras consecuencias de su presencia se destaca que reducen y perjudican la calidad de la cosecha, afectan el aspecto estético de áreas de interés a preservar y provocan cambios desfavorables de la vegetación, como ser su presencia en una pastura para pastoreo. Lo anterior exige que se inviertan recursos para lograr su control (Fernández *et al.*, 2014; Mortimer, 1996).

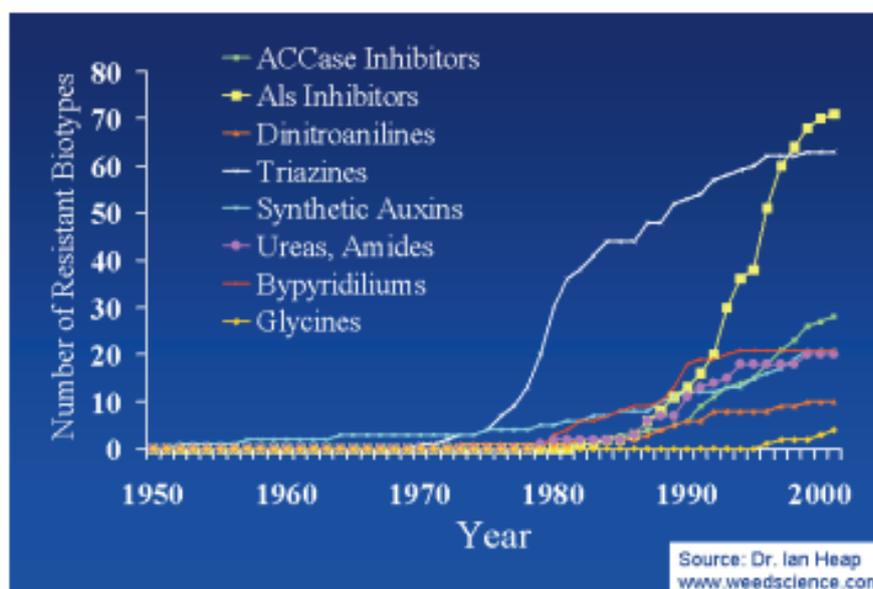
Las especies con potencial de convertirse en malezas existieron desde que el hombre decidió comenzar a cultivar plantas. Por ejemplo, en siembras de lentejas en Israel, 8.800 AC, se encontraron semillas de *Galium tricornutum* y en fósiles de cereales en Polonia, 6.300 AC, granos de polen de *Plantago major* y *Polygonum aviculare* (Fernández *et al.*, 2014). La presencia de malezas en un cultivo se ve influenciada por las prácticas agrícolas asociadas al mismo. Los sistemas agrícolas donde crecen las malezas se caracterizan por un alto nivel de disturbio, con importante variación de recursos aéreos y subterráneos y por fluctuaciones de los factores ambientales (Fernández *et al.*, 2014). A su vez, es probable que una especie se convierta en maleza debido a cambios del hábitat, ya que el proceso de selección es esencialmente una alteración ecológica (Mortimer, 1996). La mayoría de las poblaciones vegetales que prosperan en estos modelos agroecológicos son especies domesticadas por el ser humano, por un lado, y malezas de esos cultivos por el otro. Las últimas se encuentran representadas casi siempre por nuevos tipos de plantas adaptadas para sobrevivir en asociación con la actividad humana, sus plantas y sus animales domésticos: la mayoría de las malezas más importantes de los cultivos no existían en su forma actual antes del advenimiento de la agricultura (Fernández *et al.*, 2014).

## 1.2 Consecuencias del control químico sobre las malezas

Por el uso reiterado de herbicidas, en los sistemas agrícolas actuales fueron seleccionándose biotipos de malezas de difícil control, desencadenando un incremento en las dosis y frecuencias de las aplicaciones. Esto se debe fundamentalmente a la evolución de poblaciones de malezas resistentes a herbicidas, siendo el ejemplo más conocido la resistencia a glifosato (Zanettini *et al.*, 2019).

La resistencia de una especie de maleza a un herbicida es un fenómeno poblacional que se inicia dada la capacidad heredable de un biotipo para sobrevivir a la aplicación de un determinado herbicida, al cual la población original de dicha especie era sensible. El devenir es una comunidad donde el mayor porcentaje de individuos sobreviven a dichas aplicaciones. Se trata de un efecto secundario no deseado que se produce después de un uso reiterado de un determinado herbicida (Taberner Palou *et al.*, 2007).

Las resistencias están extendidas por todas las zonas agrícolas del mundo. Casi todos los herbicidas tienen poblaciones de malezas resistentes, sobre todo los pertenecientes a la familia de las triazinas, los inhibidores de la ACCasa (sulfonilureas) y los de la ALS (Fig. 1). También existe gran cantidad de malezas resistentes al glifosato, que es uno de los herbicidas de mayor consumo (Taberner Palou *et al.*, 2007).



**Figura 1.** Evolución de los principales grupos de herbicidas que presentan malezas resistentes (Heap, 2006).

En las últimas décadas el enfoque alternativo más utilizado para solucionar el problema de las malezas consistió en el uso de herbicidas. Su alta eficacia condujo a la

idea de la erradicación de malezas, continuamente renovada por el desarrollo frecuente de nuevos herbicidas y repetidamente frustrada debido a la compleja realidad del problema (Papa, 2009). Estos acontecimientos han generado un aumento en los costos de control y en el impacto ambiental, surgiendo la necesidad de encontrar alternativas para reducir el uso del control químico (Principiano & Acciaresi, 2017).

### **1.3 Manejo integrado de malezas**

Según Fernández *et al.* (2014), es necesario un cambio de mentalidad para que el manejo de malezas contribuya en forma efectiva a la sustentabilidad de la agricultura. En la actualidad, en la mayoría de las situaciones, el enfoque se limita al control de una especie en particular en un cultivo determinado durante el transcurso de parte o todo su ciclo. A largo plazo, los resultados de implementar una única herramienta de control para el problema de malezas no evidenciaron ser una solución efectiva. Por consiguiente, su manejo debe ser enfocado como una ciencia integrada bajo la combinación de un conjunto simultáneo de varias estrategias.

Un programa de manejo integrado de malezas (MIM) involucra diferentes tácticas y estrategias de control de manera racional a fin de reducir una población de plantas indeseables a niveles tales que los perjuicios económicos se hallen por debajo del umbral de daño económico (Sabbatini *et al.*, 2004). Considerando la biología y ecología de las especies presentes, en el MIM se ejecutan métodos de control químico, mecánico, genéticos y biológicos de manera estratégica y planificada a largo plazo. Se trata de un manejo racional de malezas que trae aparejado consecuencias positivas tanto económicas como ecológicas donde la más relevante es la reducción de los controles químicos. En este contexto, una de las herramientas disponibles es la inclusión de cultivos de cobertura (CC) en la rotación. La incorporación de cultivos de coberturas podría disminuir el efecto de las malezas debido a sus propiedades alelopáticas.

### **1.4 Cultivos de cobertura**

Los CC se siembran entre dos cultivos de cosecha y pueden ser usados en siembra con el cultivo en pie o con su residuo sobre el suelo, no siendo pastoreados, ni incorporados al suelo, ni cosechados (Buratovich & Acciaresi, 2019). Dichos cultivos presentan gran cantidad de beneficios como la generación de macroporosidad mejorando la distribución del agua, causando menor escurrimiento superficial y disminuyendo la erosión hídrica y el lavado del nitrógeno (Bertolotto & Marzetti, 2017). Además, adicionan materia orgánica al suelo incrementando el rinde de los cultivos y contribuyen a un aumento de la biodiversidad del agroecosistema, manteniendo la productividad del mismo (Buratovich & Acciaresi, 2019; Zamar *et al.*, 2000).

En los últimos años se ha considerado en mayor medida el potencial del cultivo de cobertura para el manejo de malezas dado que puede reducir su interferencia con el cultivo a través de: (i) competencia ejercida previamente por el crecimiento de la especie a utilizar como protectora; (ii) obstrucción física a la emergencia por parte de la cobertura en pie o por el “mulch” luego de secarlos o (iii) efecto alelopático (Zamar *et al.*, 2000). De esta manera, el principal objetivo de su uso es el de limitar la emergencia de malezas durante cierto período, evitando o disminuyendo la aplicación de herbicidas previo a la siembra y en algunos casos en postemergencia (Bertolotto & Marzetti, 2017).

Sin embargo, es menester considerar que al influir sobre las condiciones microclimáticas del suelo, los CC modifican la emergencia de las malezas disminuyéndola o aumentándola por lo que para el control de malezas problemáticas es necesario ajustar el manejo de estos cultivos (Bertolotto & Marzetti, 2017).

Actualmente son muchas las especies que se siembran como cultivos de cobertura y otro grupo se encuentra en evaluación. Dentro de las Poáceas, las más comúnmente usadas son el centeno (*Secale cereale* L.), la avena (*Avena sativa* L.) y el triticale (*Triticum secale* Wittm. ex A. Camus) (Bertolotto & Marzetti, 2017). El centeno es la gramínea más tolerante al frío y al estrés hídrico. Al dejar un abundante volumen de residuos, que se descomponen más lentamente que el resto de las gramíneas invernales, logra una importante disminución en el impacto de las malezas (Bertolotto & Marzetti, 2017). Su potencial alelopático se debe principalmente a la presencia de benzoxazinonas fitotóxicas, compuestos cuya biosíntesis está regulada por el desarrollo, con una mayor acumulación en los tejidos jóvenes y una dependencia de la variedad y las influencias ambientales (Schulz *et al.*, 2013).

### **1.5 Alelopatía**

La alelopatía es el fenómeno inhibitorio o estimulador que una especie (“planta donante”) ejerce sobre otra (“planta receptora”), debido a la liberación de compuestos químicos (Zhang *et al.*, 2020). Estos compuestos químicos con efectos alelopáticos son denominados aleloquímicos y suelen incluirse en la categoría de productos vegetales secundarios o productos de desecho de las principales vías metabólicas de las plantas (Turk & Tawaha, 2002). Los aleloquímicos son liberados por la “planta donante” al ambiente vía volatilización o lixiviado de partes aéreas de la planta, exudados radicales, lixiviación desde los residuos de las plantas o por descomposición de la materia orgánica (Tabla 1). El modo de liberación depende de la naturaleza química del compuesto existiendo diferentes métodos de estudio para evaluar las diversas vías de liberación (Zhang *et al.*, 2020; Tabla 1). Estos compuestos al ser incorporados por la “planta

receptora” desencadenan un efecto perjudicial o benéfico, sobre su germinación, crecimiento o desarrollo (Sobrero y Acciaresi, 2014).

**Tabla 1.** Métodos para evaluar alelopatía. Adaptado de Zhang *et al.*, 2021.

<b>Método</b>	<b>Descripción</b>	<b>Vías de liberación</b>
Extractos	Se hacen extractos remojando biomasa vegetal de la planta donante en agua o en una mezcla de agua y solvente orgánico por un lapso de tiempo. Luego el extracto es aplicado sobre las plantas a testear.	Lixiviación, exudación.
Residuos	Biomasa vegetal (rastrajo o fresca) de la planta donante es directamente incorporada en el sustrato de la planta a testear.	Residuos.
Exudados	La planta donante se cultiva en un medio artificial donde luego se harán crecer plantas receptoras.	Exudación.
Volátil	Las plantas receptoras son cultivadas en presencia de las plantas donantes, pero sin contacto físico.	Volatilización.
Suelo	Se recolecta suelo de donde se desarrolló la planta donante para ser usado como sustrato de la planta receptora.	Lixiviación, exudación, residuos.
Carbón activado	El carbón activado se usa para absorber aleloquímicos y de esta manera neutralizar su efecto.	Lixiviación.
Extracción con solventes	Se extraen sustancias a ser lixiviadas por la planta donante con solventes orgánicos. Dichas sustancias con luego aplicadas a las plantas a testear.	Lixiviación.

Se ha determinado que muchas sustancias expelidas por hojas generan toxicidad en plantas silvestres y cultivadas. Estos aleloquímicos suelen moverse por lixiviación, remoción de sustancias presentes en la planta por efecto de la lluvia, nieve, niebla o rocío. El grado de lixiviación resultante depende del tipo de tejido vegetal, la edad de la planta y la cantidad y naturaleza de la precipitación (Sampietro, 2003).

La mayoría de los agentes alelopáticos conocidos son exudados radiculares. Se trata de sustancias tóxicas exudadas por las raíces que reducen la germinación de las semillas, el crecimiento de raíces y brotes, la incorporación de nutrientes y la nodulación. Los exudados radiculares comprenden únicamente entre el 2-12% del total de fotosintatos de la planta y su liberación es influenciada cuali y cuantitativamente por factores tales como la edad del vegetal, nutrición, luz y humedad (Sampietro, 2003).

Para poder entender algunos fenómenos alelopáticos, es importante realizar bioensayos en laboratorio utilizando extractos de plantas donantes sobre receptoras y evaluando su efecto. Sin embargo, los mismos suelen variar respecto a las respuestas observadas en condiciones a campo (Será, 2012).

Se debe tener en cuenta que las sustancias químicas se transfieren de un organismo a otro a través del ambiente. Así, compuestos liberados por la parte foliar de las plantas, pueden ser alterados por microorganismos en la superficie de las hojas antes de entrar en contacto con el organismo receptor. De la misma manera es difícil establecer el origen cuando el compuesto es transmitido a través del suelo. Por otro lado, un mismo compuesto puede tener múltiples roles afectando diferentes clases de organismos receptores (Leicach, 2006).

Un aspecto importante en los efectos de los productos alelopáticos es la historia evolutiva, principalmente la distancia filogenética (Zhang *et al.*, 2020). Las distintas sensibilidades a un compuesto aleloquímico que presentan distintas especies vegetales puede relacionarse con la domesticación (Sera, 2012). Las especies cultivadas están menos expuestas a la interferencia con otras especies como las malezas ya que están protegidas por los seres humanos, por lo que es menos probable que se las seleccione por la capacidad de inhibir a otras especies o por tolerar la inhibición (Meiners *et al.*, 2012).

También es significativo saber que los mecanismos de acción de los compuestos alelopáticos son similares a los de los herbicidas. Estos son complejos y difíciles de identificar, porque pueden afectar más de una función y provocar efectos secundarios que enmascaran efectos principales (Almeida, 1988).

Existen factores que inducen a la producción de compuestos alelopáticos en la planta donante que se pueden diferenciar como planta-específicos (variedad, estado de desarrollo, tipo de tejido) o de tipo ambiental (bióticos o abióticos) (Cheng & Cheng, 2015).

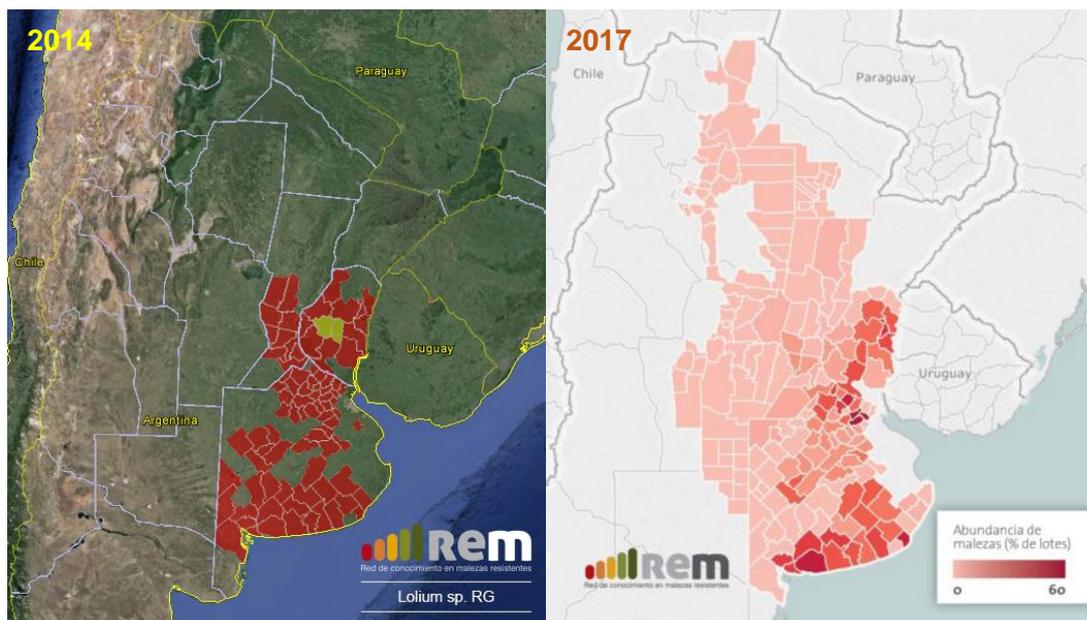
Contar con información de cultivos que posean efectos alelopáticos y su efecto sobre las principales malezas problema es de gran importancia, dado que son una herramienta clave en el manejo integrado en los sistemas agropecuarios.

## **1.6 Malezas de la familia de las Poáceas (gramineas) problemáticas en el Sudoeste Bonaerense:**

### **1.6.1 *Lolium* sp.**

El raigrás fue difundido de manera espontánea como recurso forrajero, convirtiéndose en maleza en cereales de invierno tales como trigo, avena y cebada cervecera y en barbechos para cultivos de verano. Si bien existen varias especies pertenecientes al género *Lolium*, *L. multiflorum* Lam. y *L. perenne* L. son las más frecuentes en el Sudoeste Bonaerense, existiendo cruces entre ambas.

Con la intensificación de la agricultura y disminución de las rotaciones se comenzó a incrementar su importancia respecto a otras malezas, fundamentalmente por su permanente capacidad de hibridación natural que le permite tener gran cantidad de opciones adaptativas; incluidas la sensibilidad diferencial de los individuos a los herbicidas. En nuestro país, la especie presenta diferentes biotipos con resistencia a glifosato e inhibidores de la ALS y ACCasas, lo que la convierte en una maleza de difícil control (Kugler, 2018).



**Figura 2.** Mapa de la distribución en Argentina del *Lolium sp.* resistente a glifosato en el 2014 y su avance en el 2017. Adaptado de [www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_pasturas/pasturas\\_combate\\_de\\_plagas\\_y\\_malezas/](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_combate_de_plagas_y_malezas/) y <https://horizonteadigital.com/>

Las poblaciones de raigrás con resistencia a glifosato presentes en la Argentina se encuentran distribuidas de forma aleatoria en un amplio rango de áreas agroecológicas y parecerían obedecer a la historia local de uso de herbicidas (Fig. 2). Sin embargo, no debe descartarse el traslado de semilla entre lotes por las cosechadoras o por alguna importación previa de semilla de cultivares comerciales con genes resistentes desde otros países.

Como maleza es sumamente agresiva, pudiendo provocar una merma en el rendimiento del 30% cuando su densidad se incrementa por encima de las 100 pl.m<sup>-2</sup> (Kugler, 2018).

### 1.6.2 *Avena fatua*

Históricamente en el Sudoeste Bonaerense, *A. fatua* L. fue la maleza más importante en trigo debido al daño que le ejerce al cultivo, por encontrarse sus semillas

como “cuerpos extraños” en las cosechas y por el costo de control (Marzocca, 1976). Desde la década de los 70, la evolución en la eficiencia de uso de los herbicidas para su control minimizó este inconveniente. Sin embargo, su presencia en los lotes continúa siendo alta (Gigón *et al.*, 2009).

Según Vigna (2011), *A. fatua* tiene una sensibilidad normal al glifosato e inhibidores de la ALS, sin embargo, existen poblaciones capaces de sobrevivir a los tratamientos herbicidas normalmente utilizados para su control en cultivos de trigo de Argentina.

Esta especie forma densas poblaciones desplazando a especies nativas. Su carácter invasor es favorecido por su reproducción a través de semillas, las que son dispersadas por animales y actividades agrícolas. Produce gran cantidad de semillas dos a tres meses después de la germinación, que pueden permanecer en el suelo viables por más de 10 años (SIB, 2021).

### **1.6.3 *Avena barbata***

*Avena barbata* L. es una especie anual otoño-inverno primaveral originaria de Eurasia y naturalizada en la región platense (Marzocca, 1976). En el Sudoeste Bonaerense se encuentra como planta espontánea principalmente en banquinas. Si bien se la considera excelente forrajera, de crecer junto con cereales de invierno, sus granos disminuyen la calidad de las cosechas (Marzocca, 1976). Debido a su extrema similitud con *Avena fatua* en estado vegetativo, la presencia de esta especie suele subestimarse (Longás, comunicación personal).

## **2. Objetivos**

### **2.1 Objetivo general**

Estudiar el efecto alelopático de tres variedades de centeno sobre malezas Poáceas anuales problemáticas en el Sudoeste Bonaerense.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Evaluar el posible efecto alelopático de extractos de hoja y raíz de *Secale cereale* var. Don Jose INTA, *S. cereale* var. Don Edwal INTA y *S. cereale* var. Don Emilio INTA en estado de macollaje sobre la germinación, emergencia y atributos morfológicos de *Lolium* sp. resistente y susceptible a glifosato, *Avena fatua* y *Avena barbata*.
- Evaluar el posible efecto alelopático del suelo aledaño a las raíces de *Secale cereale* var. Don Jose INTA, *S. cereale* var. Don Edwal INTA y *S. cereale* var. Don Emilio INTA en estado de macollaje sobre la germinación, emergencia y atributos morfológicos de dos poblaciones de *Lolium* sp, susceptible y resistente a glifosato, *Avena fatua* y *Avena barbata*.

### 3. Materiales y métodos

Se realizó un ensayo de laboratorio con el objetivo de analizar el efecto alelopático de las tres variedades de centeno. El mismo tuvo lugar en el Laboratorio de Malezas del Departamento de Agronomía de la Universidad Nacional del Sur (UNS), Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina.

Los tratamientos consistieron en extractos de hoja o de raíz, suelo extraído de la rizosfera de tres variedades de centeno más el testigo. Se siguió un modelo completamente aleatorizado con 4 réplicas resultando en un total de 9 tratamientos más testigo aplicados a cada especie de maleza [N = 192: 3 variedades de centeno \* 4 tratamientos (extracto hoja + extracto raíz + rizosfera + testigo) \* 4 réplicas \* 4 especies receptoras; Tabla 2).

**Tabla 2.** *Tratamientos realizados.*

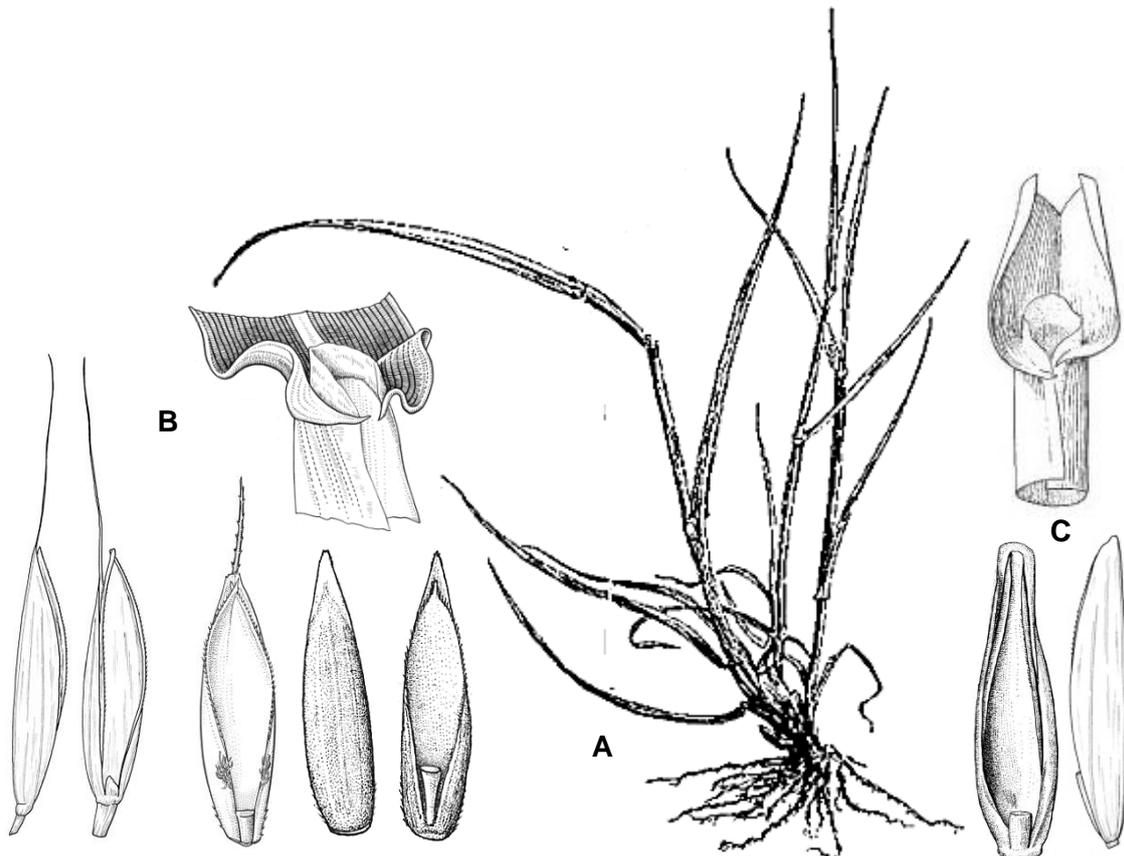
<b>Sigla</b>	<b>Tratamiento</b>
T	Testigo: tierra del predio de agronomía + agua destilada.
E <sub>h</sub>	Tierra del predio de agronomía + extracto de hoja <i>C. secale</i> var. Don Emilio.
E <sub>r</sub>	Tierra del predio de agronomía + extracto de raíz <i>C. secale</i> var. Don Emilio.
E <sub>t</sub>	Tierra de la rizosfera de <i>C. secale</i> var. Don Emilio + agua destilada.
EW <sub>h</sub>	Tierra del predio de agronomía + extracto de hoja <i>C. secale</i> var. Don Ewald.
EW <sub>r</sub>	Tierra del predio de agronomía + extracto de raíz <i>C. secale</i> var. Don Ewald.
EW <sub>t</sub>	Tierra de la rizosfera de <i>C. secale</i> var. Don Ewald + agua destilada.
J <sub>h</sub>	Tierra del predio de agronomía + extracto de hoja <i>C. secale</i> var. Don José.
J <sub>r</sub>	Tierra del predio de agronomía + extracto de raíz <i>C. secale</i> var. Don José.
J <sub>t</sub>	Tierra de la rizosfera de <i>C. secale</i> var. Don José + agua destilada.

#### 3.1 Especies evaluadas como plantas receptoras

Se evaluaron las principales malezas gramíneas de los cereales de invierno del Sudoeste Bonaerense. Para ello se utilizaron dos poblaciones de semillas de “raigrás” (*Lolium* sp.), una resistente a glifosato y la otra proveniente de un campo de producción orgánica de manera de asegurar la susceptibilidad al herbicida. Además, se testearon semillas de “avena salvaje” (*Avena barbata*) y “avena negra” (*Avena fatua*) provenientes de un campo situado en Nicolás Levalle, Partido de Villarino. En todos los casos se trata de especies anuales de ciclo otoño-inverno-primaveral que se presentan como malezas en cereales de invierno.

### 3.1.1 *Lolium* sp.

El raigrás es una especie originaria de Europa, adventicia en América y naturalizada en todo el país (Marzocca, 1976) Posee hojas brillantes, glabras y lisas con vainas basales generalmente rojizas. Las láminas presentan lígula membranosa truncada de 1 mm de largo y aurículas poco conspicuas. El fruto es un cariopse de 3-4 mm de largo, ovoide (Lamberto *et al.*, 1997; Marzocca, 1976; Fig. 3).



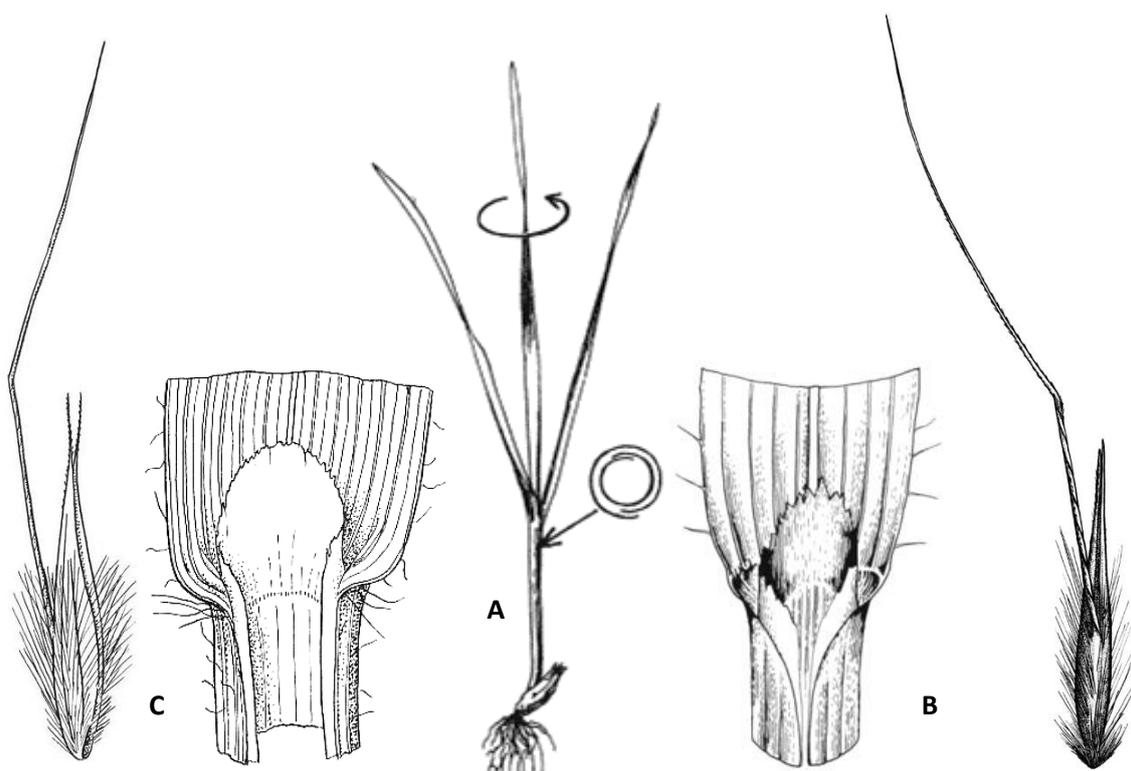
**Figura 3.** A. Planta al estado de macollage de *Lolium* sp. B. Cariopse y lígula y aurícula de *Lolium multiflorum*. C. Cariopse y lígula y aurícula de *Lolium perenne*. Adaptado de [www.darwin.edu.ar/Proyectos/FloraArgentina/Generos.asp?Letra=L](http://www.darwin.edu.ar/Proyectos/FloraArgentina/Generos.asp?Letra=L)

### 3.1.2 *Avena barbata*

La avena salvaje (*A. barbata*) posee un porte cespitoso con hojas de láminas planas de 10-40 cm de largo con ciliadas en la base, vainas cerradas en las hojas basales, lígula piramidal aguda de 4-8 mm de largo y es carente de aurículas. El fruto es un cariopse de 5-6 mm castaño claro y piloso en la zona del callus, posee lemma gibosa en el dorso, biaristada en el ápice y con conspicua arista dorsal, retorcida y geniculada (SIB, 2021; Lamberto *et al.*, 1997; Marzocca, 1976; Fig. 4C).

### 3.1.3 *Avena fatua*

La avena negra (*A. fatua*) es especie originaria de Eurasia y África de ciclo anual, otoño invierno primavera. Posee un porte cespitosa, identificable en estado vegetativo por sus láminas planas y por carecer de aurículas y poseer una lígula membranosa de forma aguda a roma de 5 mm (Lamberto *et al.*, 1997; Fig. 4A,B). Sus cariopses de 5-7 mm de largo son castaño oscuro al madurar y pilosos en la zona del callus, la lemma posee un ápice entero o apenas bidentado y una conspicua arista dorsal apenas retorcida y geniculada (SIB, 2021; Lamberto *et al.*, 1997; Marzocca, 1976; Fig. 4).



**Figura 4.** A. Planta al estado de macollaje de *Avena* sp. B. Cariopse (derecha) y lígula (izquierda) de *Avena fatua*. C. Cariopses (izquierda) y lígula (derecha) de *Avena barbata*. Adaptado de [www.darwin.edu.ar/Proyectos/FloraArgentina/éneros.asp?Letra=A](http://www.darwin.edu.ar/Proyectos/FloraArgentina/éneros.asp?Letra=A)

### 3.2 Especies evaluadas como planta donante

Como plantas productoras de sustancias aleoquímicas se utilizaron tres variedades de centeno: Don Emilio INTA, Don Ewald INTA y Don José INTA (Tabla 3).

Si bien las tres variedades producen una buena cantidad de forraje inicial, *S. secale* var. Don Ewald INTA es muy recomendable como cultivo de cobertura en planteos de siembra directa y monocultivos, debido a su alta producción de biomasa inicial, la cual, si no es pastoreada, tiende a pasar a estado reproductivo, encaña,

generando mayor cantidad de lignina con mayores aportes a la materia orgánica joven del suelo.

**Tabla 3.** Atributos de las variedades de *Secale cereale* estudiadas (\*1).

	<b>Secale cereale var. Don Ewald INTA</b>	<b>Secale cereale var. Don Emilio INTA</b>	<b>Secale cereale var. Don José INTA</b>
<b>Destino</b>	Pastoreo	Granos con aptitud harinera	Pastoreo y granos
<b>Ciclo</b>	Corto	largo	Intremedio a largo
<b>Tolerancia</b>	Sequía y frío	Sequía y frío	Sequía y frío
<b>Otros atributos</b>			Buen comportamiento a la "Roya de la hoja" ( <i>Puccinia dispersa</i> )

\* 1. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria ([inta.gob.ar](http://inta.gob.ar)) [inta.gob.ar/lelopát/tipo-de-contenido/variedades/especie-variedad/Centeno-7818/grupo-variedad/Cereales%20de%20invierno-7899/p/buscar/](http://inta.gob.ar/lelopát/tipo-de-contenido/variedades/especie-variedad/Centeno-7818/grupo-variedad/Cereales%20de%20invierno-7899/p/buscar/)

### 3.3 Obtención de plantas de centeno

Para obtener el material vegetal a analizar se pusieron a germinar, en cámara de crecimiento a 15 °C, semillas de las tres variedades de centeno. Cuando la radícula medía un cm de largo fueron sembradas en plantineras para finalmente, en el estado de tres hojas verdaderas, ser trasplantadas en macetas de 15 cm de diámetro \* 20 cm de profundidad rellenas con suelo del Departamento de Agronomía UNS (textura arenosa-franca bien drenada, 1,1% de MO y pH 7,7; Fig. 5).

Cuando las plantas se encontraban en avanzado estado de macollaje se extrajo el material vegetal de las macetas y se dejó secar a temperatura ambiente durante dos semanas previo al inicio de los ensayos.



**Figura 5.** Trasplante de las plantas de centeno.

### 3.4 Ensayo en laboratorio para la evaluación del efecto alelopático

Para realizar el ensayo a laboratorio se emplearon cajas de Petri de 9 cm de diámetro (UE), las cuales fueron rellenas con suelo tamizado adquirido del predio de agronomía (evaluación de extractos y testigo) o suelo aledaño a las raíces de las plantas de centeno, hasta alcanzar una altura de 6 mm de suelo. En cada UE se coloraron 30 semillas de una especie de maleza determinada y se embebió con 10 ml de agua (E<sub>r</sub>, EW<sub>r</sub>, J<sub>r</sub> o T) o de extracto. Las cajas se ubicaron al azar en una cámara de germinación a 15 °C con un fotoperiodo de 12/12.

A Los 7 días de embebidas las semillas se cuantificó el número y largo total de radículas por semilla y semillas con coleoptile y largo del mismo. Las mediciones de las longitudes tanto de los coleoptiles como de las radículas se realizó mediante el software de análisis de fotografía ImageJ®.

Pasados 20 días se estimó la germinación acumulada en función a las semillas viables. La viabilidad de las semillas no germinadas se evaluó mediante *crush test* (Borza *et al.*, 2007).

### 3.4.1 Rizofera

El suelo aledaño a las raíces se extrajo cuidadosamente, se tamizó y se clasificó en función a la variedad procedente, hasta ser utilizado como cama de siembra en las respectivas UE.

### 3.4.2 Extractos vegetales

Para la realización de los ensayos se prosiguió según lo descrito por Petcu *et al.* (2017). En una primera instancia, se fraccionó la parte aérea y subterránea de cada cultivar para poder realizar los extractos correspondientes. El material obtenido fue triturado con cuchillo y pesado en una balanza analógica. En función de la biomasa obtenida (Tabla 4) se adicionó agua destilada de modo que la biomasa represente el 7% de la mezcla.

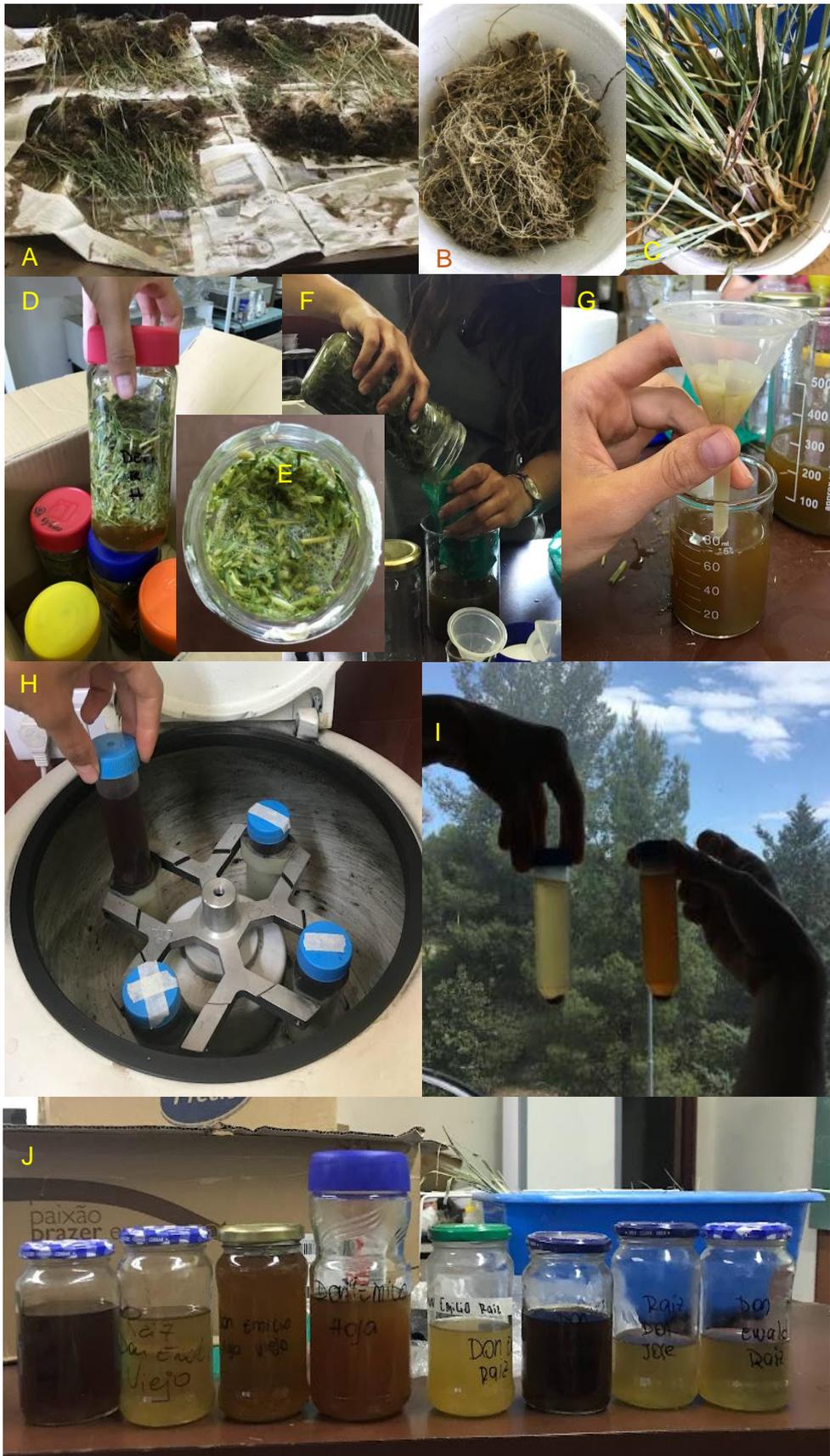
**Tabla 4.** Biomasa aérea y radical (g) obtenida de cada variedad de *Secale cereale*.

<b>Variedad</b>	<b>Biomasa aérea</b>	<b>Biomasa subterránea</b>
Don Emilio	29,18	14,12
Don Ewald	22,77	12,4
Don José	11,5	16,15

El material triturado fue colocado en frascos de vidrio, diluido en agua, agitado y almacenado en condiciones de oscuridad, dejándolo reposar durante 48 hs a temperatura ambiente. Pasado ese período de tiempo, el contenido fue filtrado con un filtro de malla para posteriormente con papel de filtro ser centrifugado a 5.000 rpm durante veinte minutos (Fig. 7). El sobrenadante resultante se colocó en freezer en tarros de vidrio hasta el día siguiente en el que se realizó el ensayo.

### 3.5 Análisis estadísticos

Las variables fueron analizadas mediante análisis de la varianza (ANOVA) y luego con el test de Fisher empleando el software estadístico Infostat®. En los casos donde no se cumplían los supuestos de homocedasticidad y/o normalidad los datos fueron transformados. Dichos supuestos fueron evaluados graficando (gráfico de dispersión y Q-Qplot) los residuales y predichos de los datos (Ver ANEXOS).



**Figura 6.** Preparación de extractos. **A)** Plantas de centeno secadas al aire. División de las plantas de centeno: **B)** biomasa subterránea y **C)** biomasa aérea. **D)** y **E)** Frascos de vidrio con biomasa aérea fraccionada en agua. **F)** Separación de los fragmentos de centeno al pasar por un filtro de malla. **G)** Extracto por papel de filtro. **H)** Centrifugación de los extractos. **I)** Extracto de biomasa aérea (izquierda) y de raíz (derecha) ya centrifugado. **J)** Extractos de biomasa aérea y subterránea de las diferentes variedades de centeno.

## 4. Resultados y Discusión

### 4.1 *Avena barbata*

Se registró una disminución en la germinación de *A. barbata* bajo los tratamientos de extractos de las variedades Don Ewald y Don Emilio INTA., pero los resultados fueron estadísticamente significativos solo al ser embebidas con EW<sub>h</sub> y E<sub>r</sub> ( $p < 0,0001$ ; Tabla 2), siendo la misma del 31% en EW<sub>h</sub> y 67% en E<sub>r</sub>, encontrándose por debajo del resultado obtenido para el testigo que fue de 95% de germinación.

El 34% de las semillas germinadas en el tratamiento testigo presentaron coleoptile. Al ser embebidas con extractos de hojas, este porcentaje disminuyó para las tres variedades de centeno (E<sub>h</sub>: 15% y J<sub>h</sub>: 20%) llegando a ser inhibida completamente por EW<sub>h</sub>. De manera contrastante, dicho porcentaje se incrementó al 84% bajo E<sub>t</sub> manifestando efectos antagónicos en los aleloquímicos de la variedad Don Emilio según el tratamiento. A su vez, este último tratamiento generó en promedio un incremento de 0,3 cm en el largo de los coleoptiles mientras que el resto de los tratamientos tendió a reducir el crecimiento, llegando a medir 0,4 cm menos en el caso de J<sub>h</sub> y  $\approx 0,27$  cm menos bajo J<sub>r</sub>, EW<sub>t</sub> y E<sub>h</sub> (Fig. 8).

En general, todos los tratamientos arrojaron en promedio una radícula por semilla germinada en la primera semana de incubación ( $T = 1,06$  radículas), incrementándose a 1,3 radícula/semilla germinada bajo E<sub>t</sub> y J<sub>t</sub> ( $p < 0,0135$ ; Fig. 7). A su vez, estos tratamientos estimularon el crecimiento de las raicillas, dado que el largo total de las mismas fue de 1,16 cm para el testigo y de 2,47 y 1,91 cm para E<sub>t</sub> y J<sub>t</sub>, respectivamente. Contrariamente, todos los tratamientos con extracto de hoja tendieron a disminuir el crecimiento (largo total: EW<sub>h</sub>: 0,41 cm; E<sub>h</sub>: 0,63 cm y J<sub>h</sub>: 0,71 cm; Fig. 8).

En líneas generales para *A. barbata*, dada la reducción en el crecimiento de las plántulas, parece haber una tendencia inhibitoria de los aleloquímicos provenientes directamente de las hojas de centeno. Mientras que, en el caso de la variedad J y especialmente E, las sustancias presentes en la rizosfera tendieron a ejercer un efecto estimulador. Al evaluar la rizosfera queda la incertidumbre del origen de las sustancias químicas pudiendo ser expedidas al exterior tanto por la raíz como por las hojas llegando al suelo por lixiviación (Tabla 1).

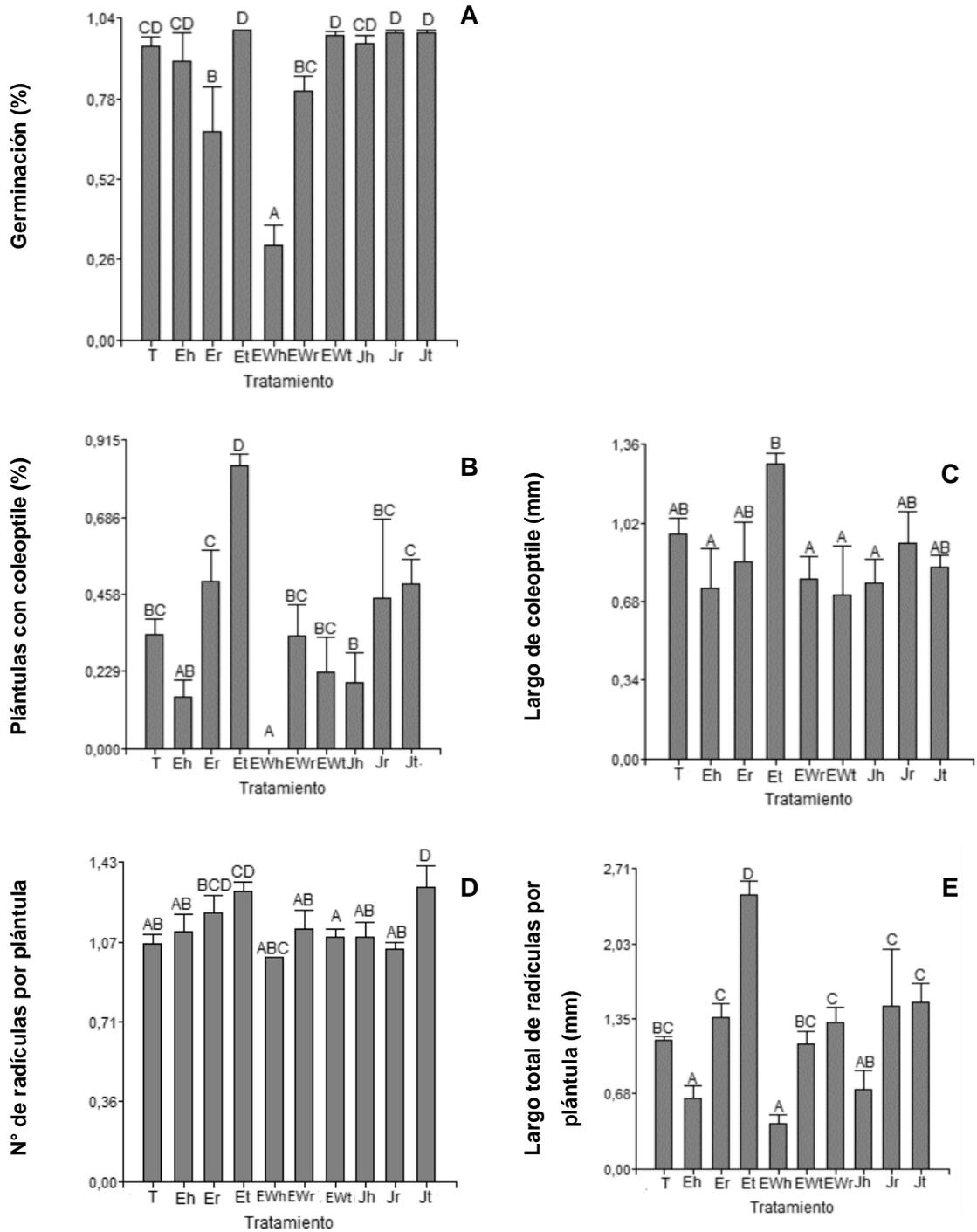
Una vez que un aleloquímico o una mezcla de aleloquímicos entra en el sistema del suelo queda sujeto a factores como la adsorción, desorción y la lixiviación pudiendo modificar su comportamiento. A su vez, los microorganismos del suelo pueden también alterar dichos compuestos generando variaciones en sus efectos (Sobrero & Acciaresi, 2014). La actividad fitotóxica de los aleloquímicos en el suelo es, por tanto, una función de complejas interacciones entre los factores del suelo y de las plantas (Rashid *et al.*,

2010). En el caso de las benzoxazinonas fitotóxicas exudadas por el centeno, las reacciones de transformación en el suelo conducen principalmente a la producción de fenoxazinonas, acetamidas y ácidos malonámicos (Schulz *et al.*, 2013).

Los resultados aquí expuestos resultan novedosos dado que no se encontró en la bibliografía, hasta el presente, citas donde se haya evaluado el efecto alelopático sobre *A. barbata*.



**Figura 7.** Semillas germinadas de *Avena barbata* luego de 20 días de encontrarse inhibidas con extracto de hoja (Ewh, izquierda) o de raíz (Ewr, derecha) de *Secale cereale* var Don Edwald INTA, bajo condiciones controladas de 15 °C de temperatura y un fotoperíodo de 12/12.



**Figura 8.** **A)** Porcentaje de germinación acumulada luego de 15 días, **B)** porcentaje de plántulas con coleoptile, **C)** largo del coleoptile (mm), **D)** número de radículas por plántula y **E)** largo total de las radículas por plántula (mm) para *Avena barbata* incubada bajo los tratamientos detallados en la Tabla 2. Letras diferentes denotan diferencias estadísticas según el Test de Fisher ( $\alpha=0,05$ ).

## 4.2 *Avena fatua*

Si bien *A. fatua* presenta dormición primaria, como en el presente trabajo se utilizó semilla despierta, el testigo alcanzó valores cercanos al 100% de germinación. De manera similar que lo acontecido para *A. barbata*, estos valores se redujeron por efecto de los aleloquímicos, alcanzando valores del 69% bajo  $E_h$ , 73% bajo  $E_r$  y 82% bajo  $EW_r$  ( $p < 0,0001$ ). Este último resultado coincide con un trabajo previo realizado por Soumoulou (2021), quien también registró que extractos de EW disminuían la germinación de *A. fatua*. Tanto en este caso como en el de *A. barbata*,  $E_r$  redujo la germinación cerca de un 20% indicando una posible alelopatía negativa la cual no se evidenció en la rizosfera. Esto da lugar a especular que dichos aleloquímicos no son liberados al suelo o de serlo, son transformados por los microorganismos (Sobrero & Acciaresi, 2014).

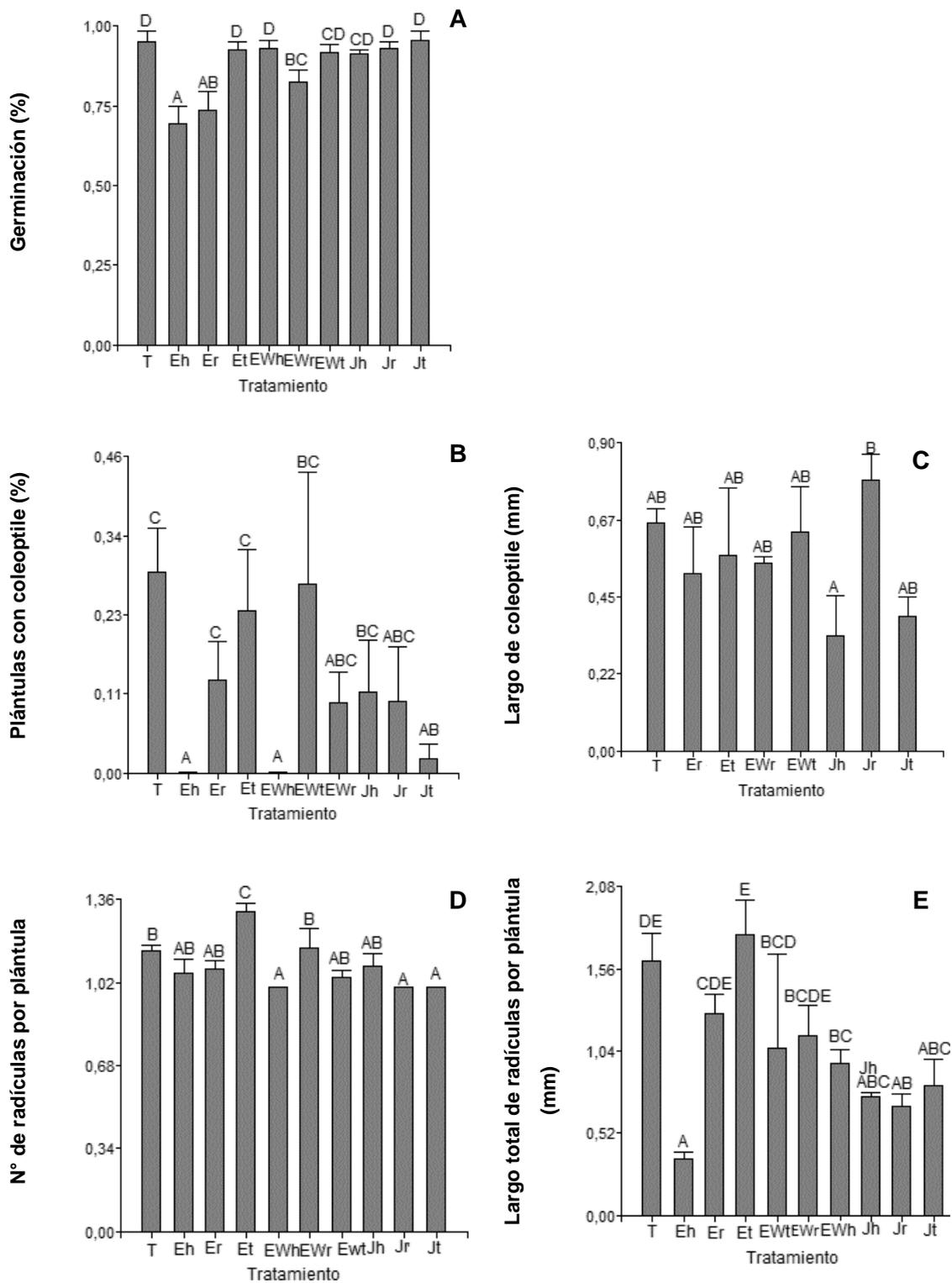
La germinación de *A. fatua* también ha sido parcialmente inhibida por extractos acuosos de hojas de *Withania somnifera* y totalmente por *Morus alba* (Jabran *et al.*, 2010), como así también por extractos de hoja de *Parthenium hysterophorus* secadas a la sombra, (Batish *et al.*, 2002) y de hojas o raíces frescas de *Brassica nigra* (Turk & Tawaha, 2003). En estos dos últimos casos el efecto fue incrementado al aumentar la concentración de la solución.

El testigo presentó un 30% de las semillas germinadas con coleoptile. Este número fue menor para todos los tratamientos ( $p = 0,01$ ), no exhibiendo ningún coleoptile los tratamientos  $E_h$ ,  $EW_h$  y  $J_t$ . Sin embargo, el largo no fue afectado ( $p = 0,4644$ ; Fig. 9). Este resultado difiere de lo observado por Soumoulou (2021), quien cita una disminución en el largo de las plántulas de *A. fatua* al ser tratadas con extracto de *Secale cereale* var. EW, así como Jabran *et al.* (2010) quienes testearon el efecto de extracto de hojas de *Withania somnifera* sobre la especie en cuestión. Más ensayos son necesarios para dilucidar si la ausencia de diferencias en el largo del coleoptile se debió a una baja concentración del extracto. Batish *et al.* (2002), describen una reducción en el largo de las radículas y del coleoptile de *A. fatua* al incubar las semillas embebidas con extractos acuosos de hojas de *Parthenium hysterophorus*, incrementándose el efecto al incrementar la dosis. Resultados similares fueron reportados por Turk & Tawaha, (2003) embebiendo semillas de *A. fatua* con extractos acuosos de hojas o raíces frescas de *Brassica nigra*.

Aunque la cantidad de radículas por semilla germinada no evidenció diferencias en ningún caso ( $p < 0,05$ ), si hubo marcadas diferencias en el largo total de las mismas, reduciéndose de 1,26 cm (T) a 0,6 cm por  $E_h$ , 0,86 cm por  $J_{h-r-t}$  y 0,92 cm por  $EW_h$  ( $p = 0,011$ ). Este resultado es congruente con lo observado, sobre la misma especie, por

Jabran *et al.* (2010) con extractos de hoja de *Echinochloa crusgalli* y de *Withania somnifera*. A su vez, de esta manera se evidencia que la longitud de la radícula fue relativamente más sensible a la toxicidad de los aleloquímicos que la longitud del hipocótilo coincidiendo este resultado con lo observado por Turk & Tawaha, (2003).

Sintetizando, se observa que el tratamiento E<sub>n</sub> ejerció un efecto más fuerte de alelopatía negativa en todos los atributos evaluados.



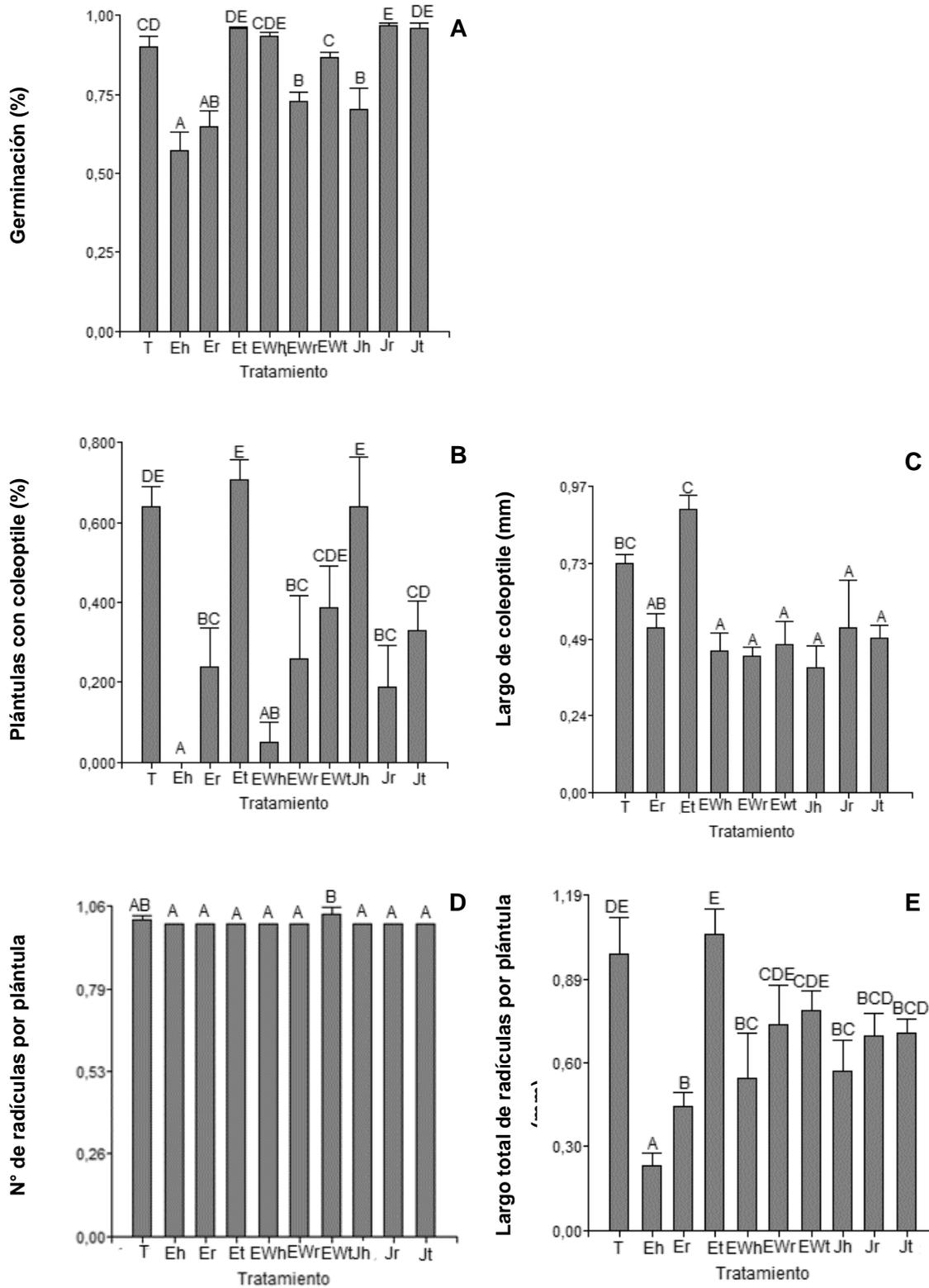
**Figura 9.** **A)** Porcentaje de germinación acumulada luego de 15 días, **B)** porcentaje de plántulas con coleoptile, **C)** largo del coleoptile (mm), **D)** número de radículas por plántula y **E)** largo total de las radículas por plántula (mm) para *Avena fatua* incubada bajo los tratamientos detallados en la Tabla 2. Letras diferentes denotan diferencias estadísticas según el Test de Fisher ( $\alpha=0,05$ ).

### 4.3 *Lolium* sp. resistente

Un 90% del testigo germinó siendo este porcentaje mayor bajo  $J_r$  y menor al emerse con  $E_{h-r}$ ,  $J_h$  y  $EW_r$  (57%, 65%, 71% y 73%, respectivamente;  $p < 0,0001$ ; Fig. 10). Estos resultados coinciden parcialmente con lo observado recientemente por Diez Ochoa (2021), quien encontró una estimulación por parte del centeno en la germinación de *Lolium* sp.

En el testigo, el 64% de las plántulas presentaban coleoptiles, este porcentaje se vio significativamente reducido en varios tratamientos ( $J_{r-t}$ ,  $E_r$  y  $EW_{r-t}$ ) hasta ser casi nulo bajo  $E_h$  y  $EW_h$  ( $p < 0,0001$ ). El largo del coleoptile disminuyó de 0,73 cm a  $\bar{x} = 0,3$  cm por los tratamientos de la variedad Don Ewald INTA y a  $\bar{x} = 0,45$  cm por Don José INTA mientras que los tratamientos derivados del cultivar Don Emilio INTA no presentaron diferencias con respecto al testigo ( $p = 0,0018$ ).

Si bien la cantidad de raicillas por semilla germinada no varió, todos los tratamientos de extractos de hoja y  $E_r$ , generaron una reducción mayor del 50% en el largo total respecto al testigo ( $p < 0,0001$ ). En este caso, y al igual que lo observado en las especies de *Avena*, el crecimiento en longitud de la radícula parece ser un indicador más sensible a los efectos alelopáticos, lo que coincide con lo citado por Aliloo (2012) en *L. perenne* tratado con extractos de hoja de *Cupressus arizonica*. Los resultados observados en esta población de *Lolium* concuerdan con numerosos casos de estudios citados en la bibliografía. Así, la germinación y el crecimiento inicial de *Lolium* fue afectado negativamente por extractos de hojas de *Cupressus arizonica* (Aliloo, 2012), de rastrojo de *Pueraria montana* (Rashid *et al.*, 2010) y extractos acuosos de *Alternanthera philoxeroides* (Zhang *et al.*, 2009). En este último caso, los autores atribuyen este resultado como consecuencia de un posible incremento en la conductibilidad y una reducción en el contenido de clorofila.



**Figura 10.** **A)** Porcentaje de germinación acumulada luego de 15 días, **B)** porcentaje de plántulas con coleoptile, **C)** largo del coleoptile (mm), **D)** número de radículas por plántula y **E)** largo total de las radículas por plántula (mm) para *Lolium* sp. resistente incubada bajo los tratamientos detallados en la Tabla 2. Letras diferentes denotan diferencias estadísticas según el Test de Fisher ( $\alpha=0,05$ ).

#### 4.4 *Lolium* sp. susceptible

A diferencia del resto de las especies testeadas, la germinación del “raigrás” susceptible no mostró variaciones por los diferentes tratamientos aplicados ( $p=0,6477$ ), coincidiendo con lo observado por Soumoulou (2021) en *L. multiflorum*. Sin embargo, se pudo observar una tendencia estimulante en los tratamientos  $E_t$  y  $J_t$  sobre la misma (Fig. 11). Este resultado coincide con lo observado por Ferreira (2011) en semillas del híbrido *Lolium mutiflorum x perenne* donde la tasa de crecimiento fue más rápida cuando el suelo era tratado con lixiviados de raíces de cebada, probablemente por una asociación con los microorganismos del suelo que promueven el crecimiento. Tanto los cultivos como las malezas pueden modificar las poblaciones de microorganismos del suelo para su beneficio, lo que puede ser perjudicial para otras especies. Esto ocurre mediante la liberación de exudados de las raíces que aparentemente difieren en su composición entre las especies de plantas, y a su vez, el efecto que estos ejercen sobre las comunidades microbianas varía según la fuente de los exudados y entre los suelos (Ferreira, 2021).

Las semillas de *Lolium*, tanto resistente como susceptible a glifosato, utilizadas en la presente tesina, llevaban ya varios años de cosechadas y almacenadas en seco en condiciones de laboratorio. Por esta razón, la dormición primaria se encontraba totalmente superada, lo que se tradujo en valores elevados de germinación.

Al analizar el número de coleoptiles por semilla germinada, se pudo observar una tendencia inhibitoria por parte de  $EW_h$ , tratamiento que redujo de 37 a 17% las semillas germinadas con coleoptile. Contrariamente, un efecto estimulante fue causado al incubar las semillas bajo  $E_{r-t}$  y  $J_{r-t}$  alcanzando porcentajes superiores al 83% ( $p=0,0049$ ). En cuanto al largo del coleóptile, se evidenció una tendencia estimulante por parte de los tratamientos  $E_{h-t}$  y  $J_{r-t}$  quienes incrementaron de 0,88 cm a 1,51-1,63 cm dicha longitud ( $p=0,0536$ ). Nuevamente este resultado coincide con lo citado por Soumoulou (2021) en *L. multiflorum*, donde el largo y la materia seca del coleoptile fueron incubados bajo extractos con *S. cereale* var. Don Emilio INTA.

Finalmente, respecto al número de radículas por plántula, se pudo observar una leve estimulación de  $EW_t$ . En el largo total de las raicillas se observó tendencia estimuladora de los tratamientos  $J_{r-t}$  y por los de la var. E aunque solo  $E_r$  fue estadísticamente significativo incrementando de 0,61 cm a 1,35 cm el largo total ( $p=0,0063$ ).

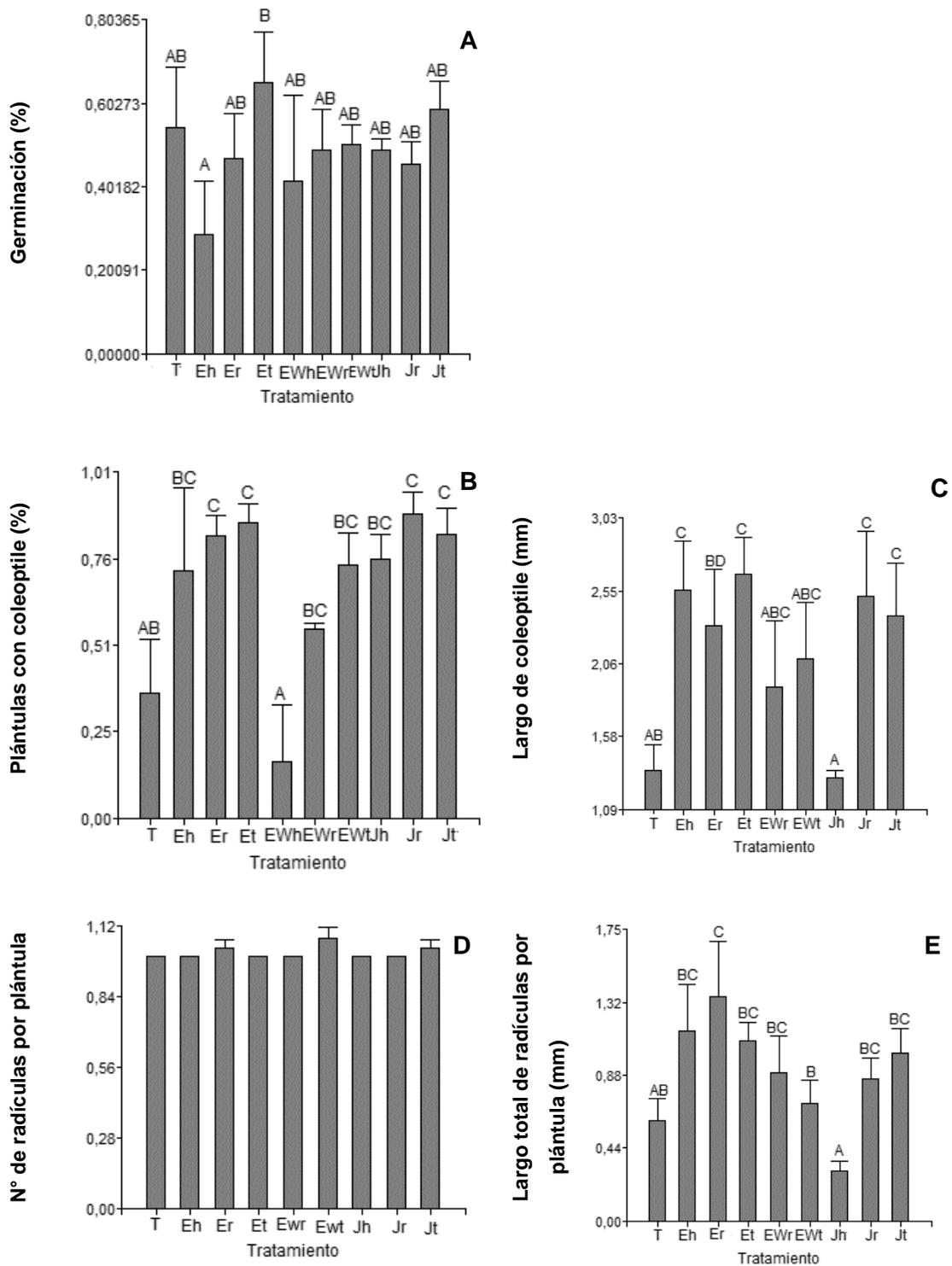
Los resultados aquí expuestos manifiestan diferencias entre poblaciones de *Lolium* abriendo la posibilidad a más estudios a fin de poder correlacionar la resistencia a glifosato a la sensibilidad al efecto alelopático del centeno. Es menester recalcar que el género *Lolium* posee una amplia variación genética y morfológica, la cual puede

deberse a la alta plasticidad genotípica y a la hibridación para producir la maleza tipo *L. multiflorum x perenne* pudiendo ser la causa de resultados tan diversos ante una amplia gama de tratamientos, como aconteció en la presente tesis. La identificación de semillas de raigrás en una muestra de suelo en la Provincia del Cabo Occidental de Sudáfrica arrojó que un 50% del número total de ejemplares se clasificó como *Lolium multiflorum*, el 48% como el híbrido, es decir, *L. multiflorum x perenne* y el 2% como *Lolium perenne* (Ferreira, 2011).

Paralelamente, distintas variedades de centeno ejercieron efectos diversos sobre las poblaciones de *Lolium*, *posiblemente* por variaciones en la composición de los aleloquímicos. Shui *et al.* (2010) investigaron el efecto aleopático y su base química en nueve accesiones de *Panicum virgatum* sobre *L. perenne*. Si bien los extractos acuosos de los brotes y las raíces de la mayoría de las accesiones inhibieron la germinación, y en mayor medida, el crecimiento de la especie blanco, el efecto aleopático se relacionó con el ecotipo de la especie donante y su lugar de origen que se correspondía con su composición química, las accesiones de tierras altas mostraron un mayor potencial aleopático que las de tierras bajas. De lo expuesto se desprende la necesidad de seguir evaluando el potencial efecto aleopático de las diferentes especies de centeno y vincularlo con la composición química de sus exudados.

Las respuestas diversas entre las especies o poblaciones testeadas a una determinada variedad de centeno pudieron deberse a que las diferencias en la sensibilidad de los cultivares y ecotipos se deben a las diferentes estrategias dependientes de la especie que han evolucionado para hacer frente dichas sustancias. Estas estrategias incluyen la rápida activación de las reacciones de desintoxicación y la extrusión de los compuestos desintoxicados (Schulz *et al.*, 2013).

Al analizar todos los datos en conjunto, se evidencia que los extractos de hoja ejercieron un efecto inhibitor más marcado, destacándose las variedades E y luego EW en *A. barbata*, *A. fatua* y *Lolium* resistente y la var J en *Lolium* susceptible. Este resultado es congruente con lo observado en avena y en lenteja utilizando extractos de *Brassica nigra* (Turk & Tawaha, 2002; 2003).



**Figura 11. A)** Porcentaje de germinación acumulada luego de 15 días, **B)** porcentaje de plántulas con coleoptile, **C)** largo del coleoptile (mm), **D)** número de radículas por plántula y **E)** largo total de las radículas por plántula (mm) para *Lolium sp.* susceptible incubada bajo los tratamientos detallados en la Tabla 2. Letras diferentes denotan diferencias estadísticas según el Test de Fisher ( $\alpha=0,05$ ).

Es menester mencionar que en el presente trabajo no se evaluaron los aleloquímicos resultantes de la descomposición del rastrojo, remanente luego de la cosecha bajo siembra directa, de las diferentes variedades de centeno. Estos compuestos deben ser considerados durante el planteo de la rotación con implementación de siembra directa, dado que su acción alelopática puede tener un efecto nocivo sobre la emergencia, crecimiento, productividad del cultivo siguiente en la rotación y pueden afectar de igual manera a las malezas presentes (Sampietro, 2003). Ejemplos al respecto incluyen la reducción que genera en la altura y la biomasa de las plántulas de *A. fatua*, el rastrojo de girasol (Muminovic, 1991), o la disminución en la germinación y crecimiento de *L. perenne* desencadenada por extractos de rastrojo de *Pueraria montana* a seis meses de haber sido aplicados al suelo (Rashid et al., 2010). Por lo tanto, podría ser una futura línea de investigación para complementar los resultados aquí expuestos.

## 5. Conclusión

Los resultados aquí expuestos sugieren que el crecimiento radicular inicial fue el parámetro más sensible para cuantificar los efectos alelopáticos, indistintamente de que sean estimuladores o inhibidores. A su vez puede observarse, como ocurrió en *A. barbata*, los compuestos de una determinada planta pueden inhibir o estimular según del órgano del que provengan, siendo en líneas generales, los extractos provenientes de hojas los de mayores efectos alelopáticos negativos. Más ensayos a campo serán necesarios para poder corroborar los resultados obtenidos en los experimentos de laboratorio a fin de incluir variedades de centeno alelopático en los sistemas de cultivo para el manejo de las malezas.

A su vez, dada la variabilidad de los resultados, se sugiere seguir investigando las variedades de centeno y relacionarlas con sus niveles de benzoxazinoides así como ampliar el conocimiento de su efecto sobre las principales malezas para poder elegir la variedad de centeno a implantar en función de la especie de maleza dominante.

Al mismo tiempo, la presente tesis sirve como antecedente para fomentar estudios con el fin de identificar productos naturales biológicamente activos que puedan ser formulados como herbicidas o antagónicamente como estimuladores de crecimiento. Es menester recordar que el uso reiterado de herbicidas genera resistencia en las malezas volviéndose imperante encontrar nuevas clases de compuestos con nuevos sitios de acción. En este contexto, los productos vegetales naturales son una interesante alternativa a la cual se le suman las ventajas de ser biodegradables, exhibir una estructura diversa y compleja, y a que rara vez contienen átomos halogenados (Batish *et al.*, 2002).

## 6. Bibliografía

- Aliloo, A. A. 2012. Allelopathic potentials of *Cupressus arizonica* leaves extracts on seed germination and seedling growth of *Lolium perenne* and *Poa pratensis*. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences (IJACS)*, 4(18), 1371-1375.
- Almeida, F. A. 1988. Alelopatía e as Plantas. Circular Nº 53. Instituto Agronómico do Paraná – Londrina P.R. (Brasil). 60 Pp.
- Batish, D. R., Singh, H. P., Kohli, R. K., Saxena, D. B., & Kaur, S. 2002. Allelopathic effects of parthenin against two weedy species, *Avena fatua* and *Bidens pilosa*. *Environmental and experimental botany*, 47(2), 149-155.
- Bertolotto M. & Marzetti M. 2017. Manejo de malezas problema. Cultivos de cobertura. Revista Red de Conocimiento de malezas resistentes, Aapresid. <https://www.aapresid.org.ar/wp-content/uploads/sites/3/2017/09/AAP-Original-Cultivos-de-cobertura.pdf>
- Borza JK, Westerman P.R. & Liebman M. 2007. Comparing estimates of seed viability in three foxtail (*Setaria*) species using the imbibed seed crush test with and without additional tetrazolium testing. *Weed Technology* 21 (2), 518-522
- Buratovich, M. V., & Acciaresi, H. A. 2019. Manejando malezas con cultivos de cobertura: una alternativa tecnológica para disminuir el uso de herbicidas.
- Cheng F. and Cheng Z. 2015. Research Progress on the use of Plant Allelopathy in Agriculture and the Physiological and Ecological Mechanisms of Allelopathy. *Front. Plant Sci.* 6, 1020.
- Diez Ochoa J.F. 2021. Evaluación del efecto alelopático del centeno como cultivo antecesor. Tesina para acceder al título de ingeniero agrónomo. Universidad Nacional del Sur. Bahía Blanca, Bs. As., Argentina.
- Fernández, O.A Leguizamón, E.S. & Acciaresi, H.A. 2014. Malezas e Invasoras de la Argentina. Tomo I, capítulo I. Definiciones, visión y enfoques
- Ferreira, M. I. 2011. Allelopathic interactions between wheat, selected crop species and the weed *Lolium multiflorum* x *perenne* (Doctoral dissertation, University of Pretoria).
- Gigon, R., Lopez, R.L. & Vigna M.R. 2009. Efectos del cultivo antecesor y sistema de labranza sobre las comunidades de malezas en el cultivo de trigo (*triticum aestivum*) en el sudoeste de la provincia de Buenos Aires. Argentina. *Actas del XII Congreso de la SEMh, XIX Congreso de ALAM y II Congreso IBCM, Vol I*, 69-72
- Heap I. 2006. The International Survey of Herbicide Resistant Weeds. Online. Internet. December 10, 2006. Disponible en [www.weedscience.com](http://www.weedscience.com).
- Jabran, K., Farooq, M., Hussain, M., & Ali, M. 2010. Wild oat (*Avena fatua* L.) and canary grass (*Phalaris minor* Ritz.) management through allelopathy. *Journal of Plant Protection Research*.

- Kugler W. 2018. Raygrass anual *Lolium multiflorum* Lam. INTA. Mes a mes mayo.
- Lamberto, S. A., Valle, A. F., Aramayo, E. M., & Andrada, A. C. 1997. Manual ilustrado de las plantas silvestres de la región de Bahía Blanca. Departamento de Agronomía, Universidad Nacional del Sur. Diagrama S.R.L. Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina. ISSN 987-96357-0-1
- Leisch S.R. 2006. Alelopatía. Interacciones químicas en la comunicación y defensa de las plantas. Buenos Aires: Editorial Universitaria de Buenos Aires.
- Longás MM, Sabbatini MR & Chantre GR. 2021. Efecto de la disponibilidad hídrica en la germinación de *Avena fatua* L. y *Avena barbata* Pott. ex Link. III Congreso Argentino de Malezas (ASACIM). On line, 9 y 10 de junio de 2021, Pp. 86.
- Marzocca, A., Mársico, O. J., & Puerto, O. D. 1976. Manual de malezas; plantas indeseables, perjudiciales o cuyos frutos o semillas son impurezas de los granos de cereales, oleaginosos y forrajeras, y que crecen principalmente en la región pampeana de Argentina y en Uruguay y Paraguay. 4ta ed. Editorial Hemisferio Sur S. A., Buenos Aires, Argentina. ISSN 950-504-502-6.
- Matteucci, S. D. & Colma A. 1982. Metodología para el estudio de la vegetación. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Serie de biología, monografía n° 22.
- Meiners, S. J., Kong, C. H., Ladwig, L. M., Pisula N. L. & Lang, K.A. 2012. Developing an ecological context for allelopathy. *Plant Ecology* 213, 1861–1867.
- Mortimer, A. 1996. La clasificación y ecología de las malezas. En R. Labrada, J. Caseley, y C. Parker, Manejo de malezas para países en desarrollo. (Estudio FAO Producción y Protección Vegetal-120), Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Disponible en: <https://www.fao.org/3/T1147S/t1147s06.htm#:~:text=Malezas%20pueden%20considerarse%20todas%20aquellas,de%20p%C3%A9rdidas%20de%20cosechas%20agr%C3%ADcolas>.
- Muminovic, S. 1991. Allelopathic effect of straw of crops on growth of weeds. *Savremena Poljoprivreda* 39, 27-30.
- Papa, J.C. 2009. Problemas actuales de malezas que pueden afectar al cultivo de soja. Disponible en: [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-problemas\\_actuales\\_de\\_malezas.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-problemas_actuales_de_malezas.pdf)
- Petcu, E., Băbeanu N. & Popa O. 2017. Screening methods for evaluating the allelopathic potential of wheat and triticale genotypes. *Scientific Papers-Series A, Agronomy* 60, 370-374.

- Principiano, M. & Acciaresi H.A. Costo financiero e impacto ambiental del control de malezas en diferentes secuencias de cultivos en el NO de la provincia de Buenos Aires. 2017. Revista de Tecnología Agropecuaria 10 (34), 37-41.
- Rashid, M. H., Asaeda, T., & Uddin, M. N. 2010. Litter-mediated allelopathic effects of kudzu (*Pueraria montana*) on *Bidens pilosa* and *Lolium perenne* and its persistence in soil. Weed Biology and Management, 10(1), 48-56.
- Sabbatini M. R., Irigoyen J. H & Vernavá M. N. 2004. Estrategias Para el Manejo Integrado de Malezas: Problemática, Resistencia a Herbicidas y aportes de la Biotecnología. En: Biotecnología y Mejoramiento Vegetal. Editorial: INTA, Buenos Aires, 343 – 354.
- Sampietro D.A. 2003. Alelopatía: Concepto, características, metodología de estudio e importancia (produccion-animal.com.ar). Disponible: [www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_pasturas/pasturas%20artificiales/19-alelopatia.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas%20artificiales/19-alelopatia.pdf)
- Schulz, M., Marocco, A., Tabaglio, V. et al. 2013. Benzoxazinoides en la alelopatía del centeno: desde el descubrimiento hasta la aplicación en el control sostenible de malezas y la agricultura orgánica. J Chem Ecol 39, 154-174
- Šerá, B. 2012. Effects of Soil Substrate Contaminated by Knotweed Leaves on Seed Development. Polish Journal of Environmental Studies 21 (3), 713-717.
- Sobrero M. T. & Acciaresi H.A. 2014. Interferencia cultivo-maleza: la alelopatía y su potencialidad en el manejo de malezas. En: Malezas e invasoras de la Argentina, Tomo I: ecología y manejo. EdiUNS, Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina.
- Soumoulou, M. 2021. Estudios preliminares sobre el efecto alelopático de cultivares de Avena y Centeno sobre el establecimiento inicial de malezas anuales. Tesina para acceder al título de ingeniero agrónomo. Universidad Nacional del Sur. Bahía Blanca, Bs. As., Argentina.
- Taberner Palou, A., Cirujeda Ranzenberger, A. & Zaragoza Larios, C. 2007. Manejo de poblaciones de malezas resistentes a herbicidas: 100 preguntas sobre resistencias. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación.
- Teasdale, J. R.; Brandsaeter, L. O.; Calegari, A.; Skora Neto, F. Cover Crops and Weed Management. Weed Management Chap 04, 49-64
- Turk M.A. & Tawaha A.M. 2003. Allelopathic effect of black mustard (*Brassica nigra* L.) on germination and growth of wild oat (*Avena fatua* L.). 22(4), 673–677
- Turk, M. A., & Tawaha, M. 2002. Inhibitory effects of aqueous extracts of black mustard on germination and growth of lentil. Journal of Agronomy.
- Vigna M.R., López R. & Gigón R. Situación de la problemática y propuesta de manejo para *lolium* y *avena fatua* resistentes a herbicidas en el sur de buenos aires.

Disponible en [http://www.senasa.gob.ar/sites/default/files/ARBOL\\_SENASA/VEGETAL/AROMATI\\_CAS/PROD\\_PRIMARIA/PLAGAS/lolium\\_multiflorum\\_accase.pdf](http://www.senasa.gob.ar/sites/default/files/ARBOL_SENASA/VEGETAL/AROMATI_CAS/PROD_PRIMARIA/PLAGAS/lolium_multiflorum_accase.pdf)

Vigna, M.R., Gigón, R. & López, R.L. 2011. Presencia de poblaciones de *Avena fatua* L. resistente a herbicidas en Argentina. Actas XX Congreso de la Asociación Latinoamericana de Malezas (ALAM), 10 pp. Actas del Congreso en CD [www.malezas2021.com.ar/actas2021.pdf](http://www.malezas2021.com.ar/actas2021.pdf)

Zamar, J. L., Alessandria, E. E., Barchuk, A. H., & Luque, S. M. 2000. Emergencia de plántulas de malezas bajo residuos de especies utilizadas como cultivos de cobertura. *Agriscientia*, 17, 59-64.

Zanettini J.L., Orden N. & Dubo G. 2019. El cultivo de cobertura en el control de malezas. [https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta\\_25\\_de\\_mayo\\_el\\_cultivo\\_de\\_cobertura\\_en\\_el\\_control\\_de\\_malezas.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_25_de_mayo_el_cultivo_de_cobertura_en_el_control_de_malezas.pdf)

Zhang, X., Wang, Z., & Li, H. 2021. Allelopathic effects of *Koeleria integrifoliola* leaf aqueous extracts on *Lolium perenne* related to mesophyll ultrastructural alterations and endogenous hormone contents. *Acta Physiologiae Plantarum*, 43(9), 1-9.

Zhang, Z., Xu, L., Ma, Y., & Li, J. 2009. Allelopathic effect of water extracts from the different organizations of *Alternanthera philoxeroides* on germination and seedling growth of *Lolium perenne*. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 29(1), 148-153.

Zhang, Z., Liu Y., Yuan L., Weber E. & Van Kleunen M. 2020. Effect of allelopathy on plant performance: a meta-analysis. *Ecology Letters* 24, 348-362.

## 7. Páginas web.

2021. *Lolium multiflorum*. 20/05/2022, de Sistema de Información de Biodiversidad de la Administración de Parques Nacionales, Argentina Sitio web: <https://sib.gob.ar/especies/Lolium-multiflorum>

2021. *Avena barbata*. 20/05/2022, de Sistema de Información de Biodiversidad de la Administración de Parques Nacionales, Argentina Sitio web: <https://sib.gob.ar/especies/avena-barbata?tab=info-general>

2021. *Avena fatua*. 20/05/2022, de Sistema de Información de Biodiversidad de la Administración de Parques Nacionales, Argentina Sitio web: <https://sib.gob.ar/especies/avena-fatua>

*Secale cereale* L. 20/05/2022, de UNLPAM Sitio web: [http://www.biblioteca.unlpam.edu.ar/rdata/libro/html/l\\_trorec001/descripciones\\_web\\_hz/Secale\\_cereale.htm](http://www.biblioteca.unlpam.edu.ar/rdata/libro/html/l_trorec001/descripciones_web_hz/Secale_cereale.htm)

## 8. Anexos

### 8.1 Avena barbata

#### Largo de coleoptile

##### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
RAIZ Coleo largo	34	0,31	0,10	17,51

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

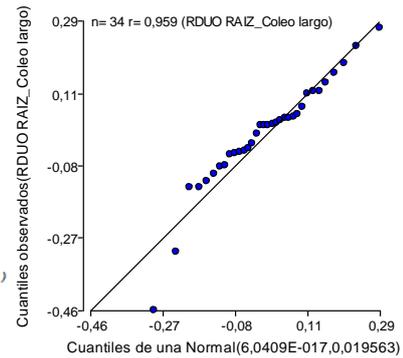
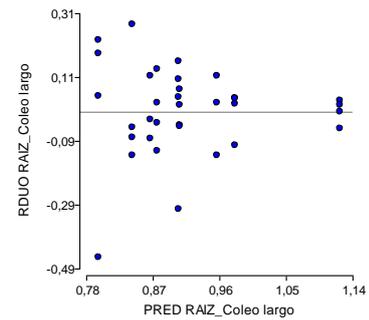
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,30	8	0,04	1,44	0,2302
Tratamiento	0,30	8	0,04	1,44	0,2302
Error	0,65	25	0,03		
Total	0,94	33			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,24254

Error: 0,0258 gl: 25

Tratamiento	Medias	n	E.E.
DEwt	0,80	4	0,08 A
DEh	0,84	4	0,08 A
DJh	0,87	3	0,09 A
DEwr	0,88	4	0,08 A
DEr	0,90	4	0,08 A B
DJt	0,91	4	0,08 A B
DJr	0,96	3	0,09 A B
Testigo	0,98	4	0,08 A B
DEt	1,13	4	0,08 B

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



#### Plántulas con coleoptile (%)

##### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
ASEN % de coleoptiles	40	0,62	0,51	43,28

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

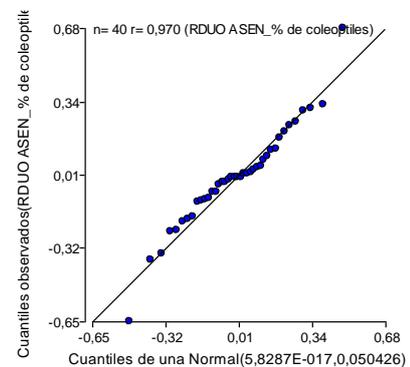
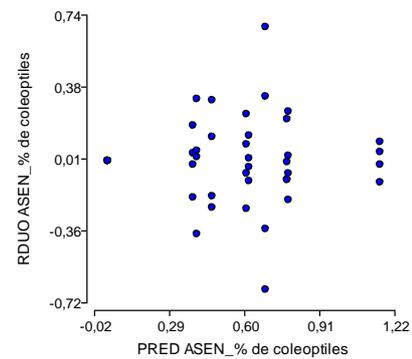
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3,25	9	0,36	5,51	0,0002
Tratamiento	3,25	9	0,36	5,51	0,0002
Error	1,97	30	0,07		
Total	5,22	39			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,36974

Error: 0,0656 gl: 30

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Dewh	0,03	4	0,13 A
DEh	0,39	4	0,13 A B
DJh	0,40	4	0,13 B
DEwt	0,46	4	0,13 B C
DEwr	0,61	4	0,13 B C
Testigo	0,62	4	0,13 B C
DJr	0,69	4	0,13 B C
DJt	0,78	4	0,13 C
DEr	0,78	4	0,13 C
DEt	1,16	4	0,13 D

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



## Germinación

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
% de germinación	40	0,79	0,73	14,33

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,72	9	0,19	12,77	<0,0001
Tratamiento	1,72	9	0,19	12,77	<0,0001
Error	0,45	30	0,01		
Total	2,17	39			

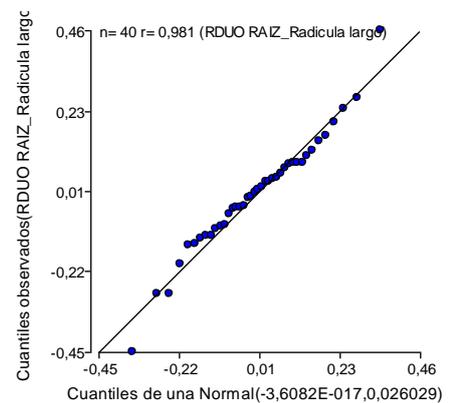
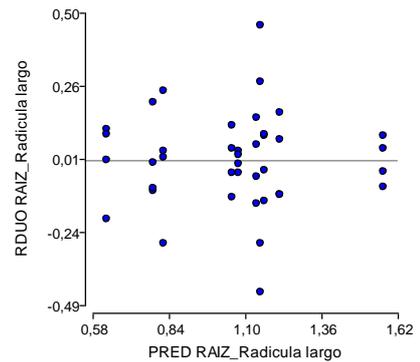
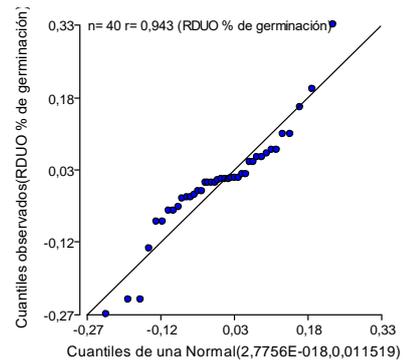
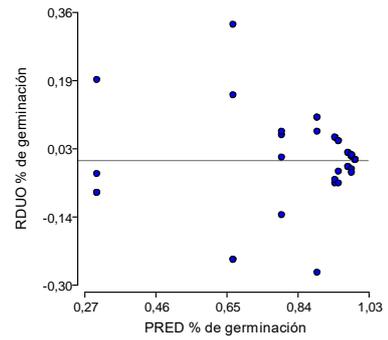
Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,17672

Error: 0,0150 gl: 30

Tratamiento Medias n E.E.

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Dewh	0,31	4	0,06	A
DEr	0,67	4	0,06	B
DEwr	0,80	4	0,06	B C
DEh	0,90	4	0,06	C D
Testigo	0,95	4	0,06	C D
DJh	0,96	4	0,06	C D
DEwt	0,98	4	0,06	D
DJr	0,99	4	0,06	D
DJr	0,99	4	0,06	D
DEt	1,00	4	0,06	D

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



## Largo de radícula

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
RAIZ Radicula largo	40	0,71	0,63	17,32

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2,51	9	0,28	8,25	<0,0001
Tratamiento	2,51	9	0,28	8,25	<0,0001
Error	1,02	30	0,03		
Total	3,53	39			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,26564

Error: 0,0338 gl: 30

Tratamiento Medias n E.E.

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Dewh	0,63	4	0,09	A
DEh	0,79	4	0,09	A
DJh	0,82	4	0,09	A B
DEwr	1,06	4	0,09	B C
Testigo	1,08	4	0,09	B C
DEwt	1,14	4	0,09	C
DJr	1,15	4	0,09	C
DEr	1,16	4	0,09	C
DJt	1,22	4	0,09	C
DEt	1,57	4	0,09	D

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

## Cantidad de raicillas

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
RAIZ Nro de radículas	40	0,47	0,31	5,30

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,08	9	0,01	2,90	0,0135
Tratamiento	0,08	9	0,01	2,90	0,0135
Error	0,09	30	3,2E-03		
Total	0,18	39			

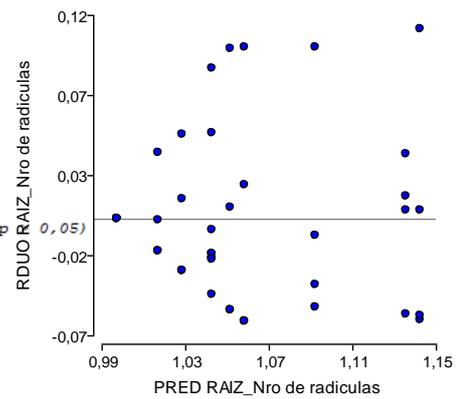
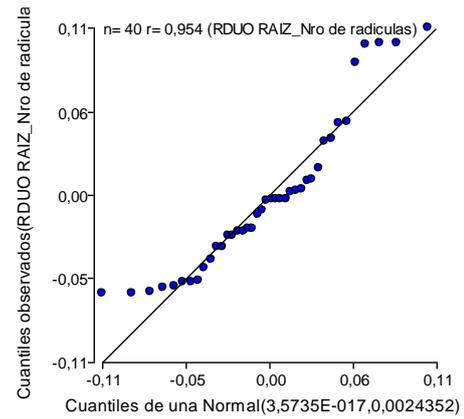
Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,08125

Error: 0,0032 gl: 30

Tratamiento Medias n E.E.

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Dewh	1,00	4	0,03	A
DJr	1,02	4	0,03	A B
Testigo	1,03	4	0,03	A B
DJh	1,04	4	0,03	A B
DEwt	1,04	4	0,03	A B
DEh	1,05	4	0,03	A B
DEwr	1,06	4	0,03	A B C
DEr	1,09	4	0,03	B C D
DEt	1,14	4	0,03	C D
DJt	1,14	4	0,03	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p



## 8.2 Avena fatua

### Largo de coleoptile

#### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
RAIZ Coleo largo	28	0,26	0,00	32,29

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,36	7	0,05	0,99	0,4644
Tratamiento	0,36	7	0,05	0,99	0,4644
Error	1,04	20	0,05		
Total	1,40	27			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,36351

Error: 0,0521 gl: 20

Tratamiento Medias n E.E.

DJh	0,50	4	0,11	A
DJt	0,62	3	0,13	A B
DEt	0,66	4	0,11	A B
DEr	0,70	4	0,11	A B
DEwr	0,74	3	0,13	A B
DEwt	0,79	3	0,13	A B
Testigo	0,81	4	0,11	A B
DJr	0,88	3	0,13	B

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

### Plántulas con coleoptile (%)

#### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
LOG10 % de coleoptiles	40	0,48	0,32	53,99

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	25,12	9	2,79	3,07	0,0100
Tratamiento	25,12	9	2,79	3,07	0,0100
Error	27,29	30	0,91		
Total	52,41	39			

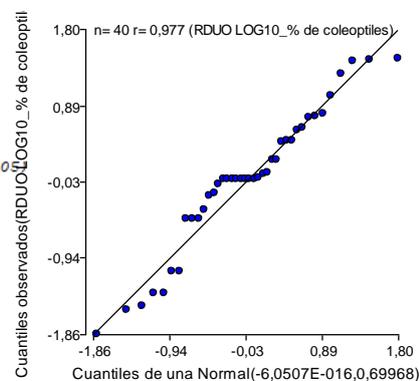
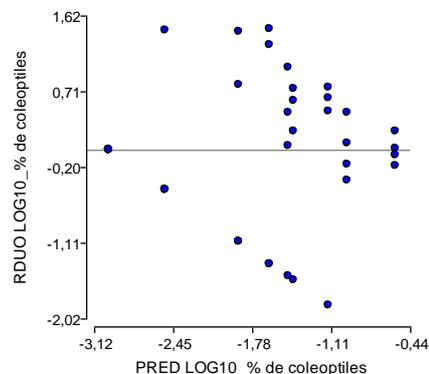
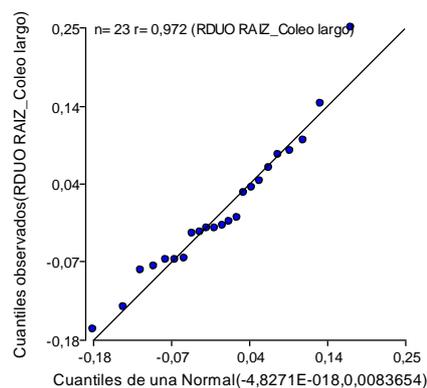
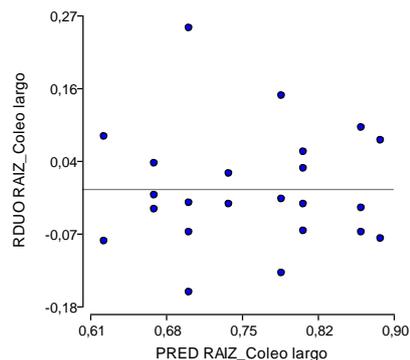
Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=1,37727

Error: 0,9096 gl: 30

Tratamiento Medias n E.E.

DEh	-3,00	4	0,48	A
Dewh	-3,00	4	0,48	A
DJt	-2,52	4	0,48	A B
DJr	-1,90	4	0,48	A B C
DEwr	-1,64	4	0,48	A B C
DJh	-1,48	4	0,48	B C
DEwt	-1,44	4	0,48	B C
DEt	-1,14	4	0,48	C
DEr	-0,98	4	0,48	C
Testigo	-0,57	4	0,48	C

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



## Largo de radícula

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>c</sup>	R <sup>c</sup> Aj	CV
RAIZ Radicula largo	40	0,57	0,44	20,97

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,67	9	0,19	4,35	0,0011
Tratamiento	1,67	9	0,19	4,35	0,0011
Error	1,28	30	0,04		
Total	2,95	39			

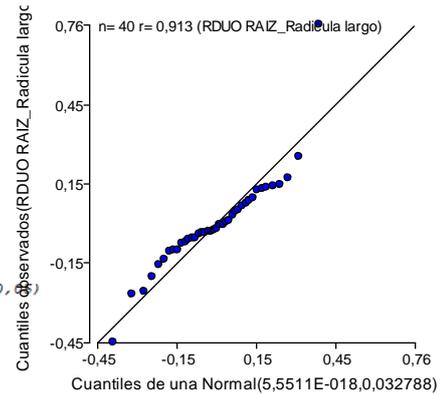
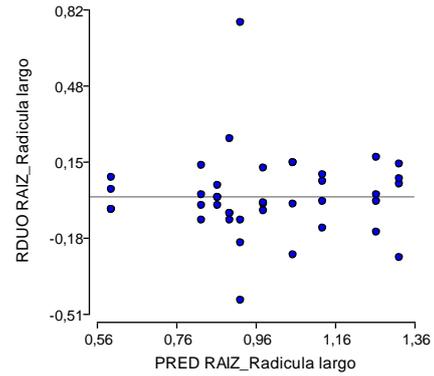
Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,29815

Error: 0,0426 gl: 30

Tratamiento Medias n E.E.

Tratamiento	Medias	n	E.E.
DEh	0,60	4	0,10 A
DJr	0,82	4	0,10 A B
DJh	0,87	4	0,10 A B C
DJt	0,89	4	0,10 A B C
Dewh	0,92	4	0,10 B C
DEwt	0,98	4	0,10 B C D
DEwr	1,05	4	0,10 B C D E
DEr	1,13	4	0,10 C D E
Testigo	1,26	4	0,10 D E
DEt	1,32	4	0,10 E

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



## Cantidad de raicillas

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>c</sup>	R <sup>c</sup> Aj	CV
Nro de radículas	38	0,61	0,49	7,73

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,32	9	0,04	4,94	0,0005
Tratamiento	0,32	9	0,04	4,94	0,0005
Error	0,20	28	0,01		
Total	0,51	37			

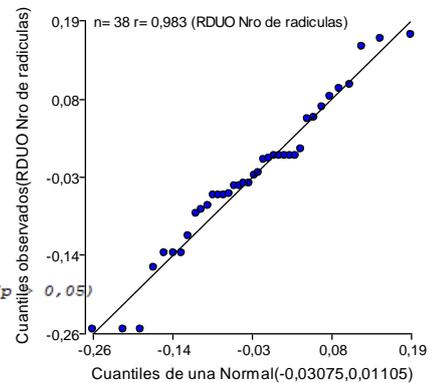
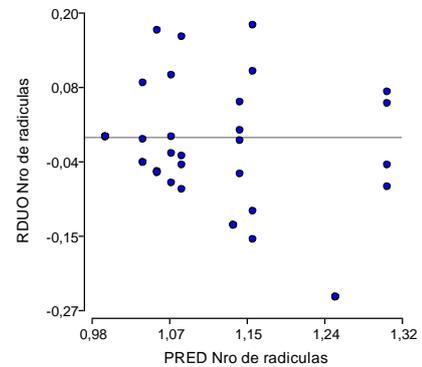
Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,12603

Error: 0,0071 gl: 28

Tratamiento Medias n E.E.

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Dewh	1,00	4	0,04 A
DJt	1,00	3	0,05 A
DJr	1,00	3	0,05 A
DEwt	1,04	4	0,04 A B
DEh	1,06	4	0,04 A B
DEr	1,07	4	0,04 A B
DJh	1,08	4	0,04 A B
Testigo	1,14	4	0,04 B
DEwr	1,16	4	0,04 B
DEt	1,31	4	0,04 C

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



# Germinación

## Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
% de germinación	39	0,69	0,59	7,59

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

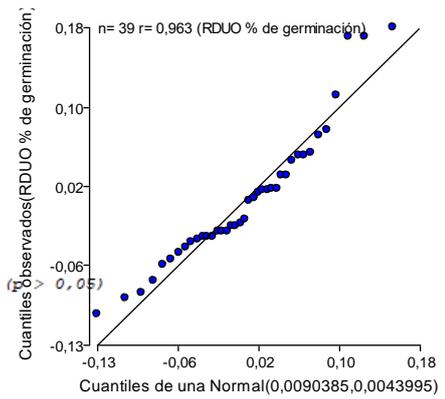
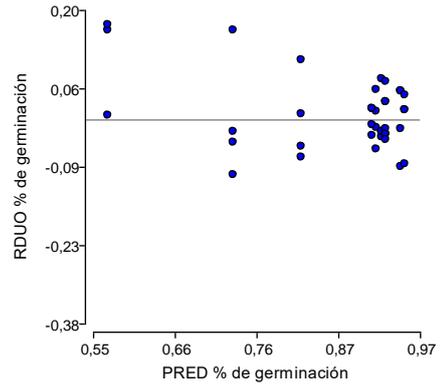
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,28	9	0,03	7,05	<0,0001
Tratamiento	0,28	9	0,03	7,05	<0,0001
Error	0,13	29	4,4E-03		
Total	0,41	38			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,09803

Error: 0,0044 gl: 29

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
DEh	0,69	3	0,04	A
DEr	0,73	4	0,03	A B
DEwr	0,82	4	0,03	B C
DJh	0,91	4	0,03	C D
DEwt	0,92	4	0,03	C D
DEt	0,92	4	0,03	D
Dewh	0,93	4	0,03	D
DJr	0,93	4	0,03	D
Testigo	0,95	4	0,03	D
DJt	0,95	4	0,03	D

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



### 8.3 Lolium sp. Resistente

#### Largo de coleoptile

##### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
RAIZ Coleo largo	33	0,60	0,47	13,12

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,34	8	0,04	4,57	0,0018
Tratamiento	0,34	8	0,04	4,57	0,0018
Error	0,22	24	0,01		
Total	0,56	32			

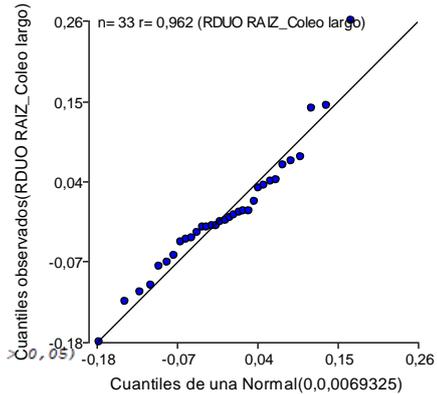
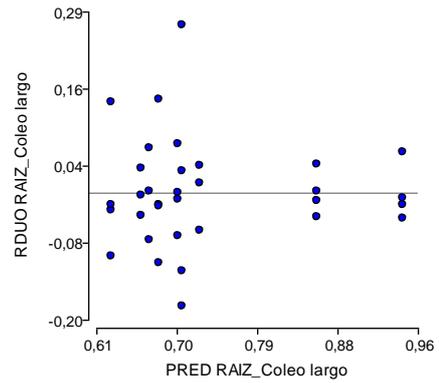
Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,14790

Error: 0,0092 gl: 24

Tratamiento Medias n E.E.

DJh	0,63	4	0,05	A
DEwr	0,66	3	0,06	A
Dewh	0,67	3	0,06	A
DEwt	0,68	4	0,05	A
DJt	0,70	4	0,05	A
DJr	0,70	4	0,05	A
DEr	0,72	3	0,06	A B
Testigo	0,85	4	0,05	B C
DEt	0,95	4	0,05	C

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



#### Plántulas con coleoptile (%)

##### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
ASEN % de coleoptiles	40	0,68	0,58	45,20

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4,14	9	0,46	7,07	<0,0001
Tratamiento	4,14	9	0,46	7,07	<0,0001
Error	1,95	30	0,07		
Total	6,09	39			

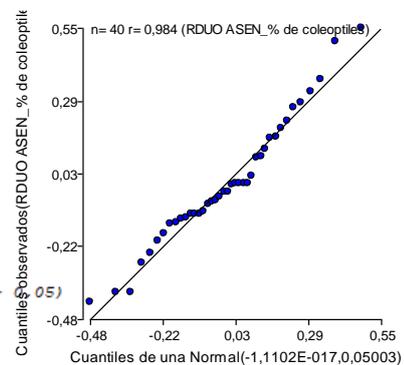
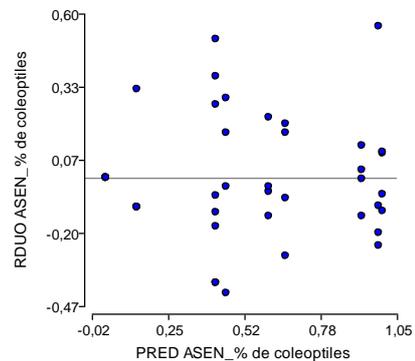
Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,36829

Error: 0,0650 gl: 30

Tratamiento Medias n E.E.

DEh	0,03	4	0,13	A
Dewh	0,14	4	0,13	A B
DJr	0,42	4	0,13	B C
DEwr	0,42	4	0,13	B C
DEr	0,45	4	0,13	B C
DJt	0,60	4	0,13	C D
DEwt	0,66	4	0,13	C D E
Testigo	0,93	4	0,13	D E
DJh	0,99	4	0,13	E
DEt	1,00	4	0,13	E

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



## Largo de radícula

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
RAIZ Radicula largo	40	0,67	0,57	15,58

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,93	9	0,10	6,64	<0,0001
Tratamiento	0,93	9	0,10	6,64	<0,0001
Error	0,46	30	0,02		
Total	1,39	39			

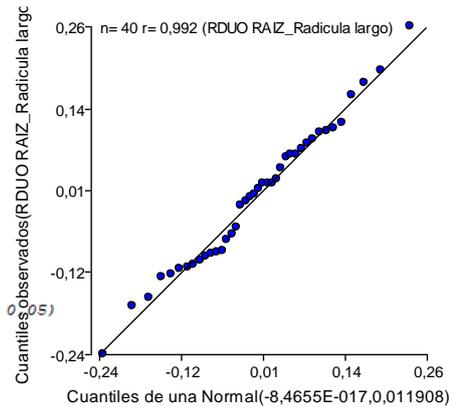
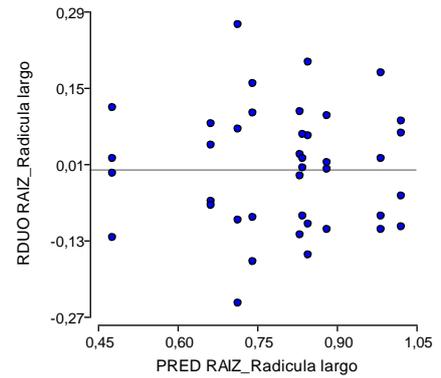
Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,17968

Error: 0,0155 gl: 30

Tratamiento Medias n E.E.

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
DEh	0,47	4	0,06	A
DEr	0,66	4	0,06	B
Dewh	0,71	4	0,06	B C
DJh	0,74	4	0,06	B C
DJr	0,83	4	0,06	B C D
DJt	0,84	4	0,06	B C D
DEwr	0,85	4	0,06	C D E
DEwt	0,88	4	0,06	C D E
Testigo	0,98	4	0,06	D E
DEt	1,02	4	0,06	E

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



## Cantidad de raicillas

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Nro de radículas	40	0,36	0,17	1,65

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4,6E-03	9	5,1E-04	1,87	0,0967
Tratamiento	4,6E-03	9	5,1E-04	1,87	0,0967
Error	0,01	30	2,8E-04		
Total	0,01	39			

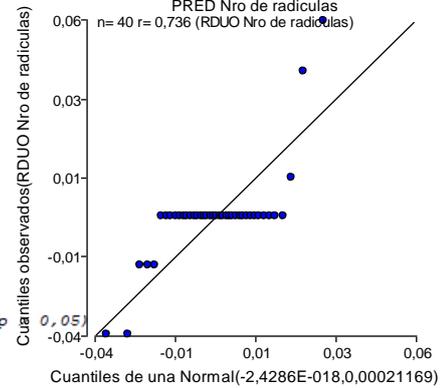
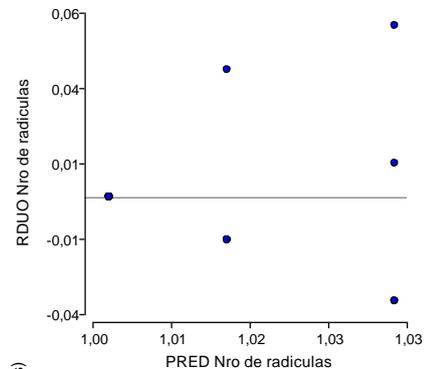
Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,02396

Error: 0,0003 gl: 30

Tratamiento Medias n E.E.

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
DEwr	1,00	4	0,01	A
DJh	1,00	4	0,01	A
DJr	1,00	4	0,01	A
DJt	1,00	4	0,01	A
DEh	1,00	4	0,01	A
DEr	1,00	4	0,01	A
DEt	1,00	4	0,01	A
Dewh	1,00	4	0,01	A
Testigo	1,01	4	0,01	A B
DEwt	1,03	4	0,01	B

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



## Germinación

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>c</sup>	R <sup>e</sup>	Aj	CV
ASEN % de germinación	40	0,85	0,81	8,02	

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

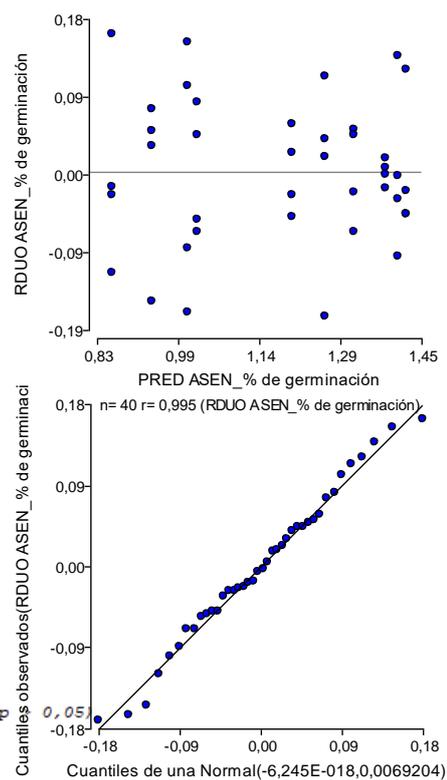
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,55	9	0,17	19,11	<0,0001
Tratamiento	1,55	9	0,17	19,11	<0,0001
Error	0,27	30	0,01		
Total	1,82	39			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,13697

Error: 0,0090 gl: 30

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
DEh	0,86	4	0,05	A
DEr	0,94	4	0,05	A B
DJh	1,01	4	0,05	B
DEwr	1,03	4	0,05	B
DEwt	1,20	4	0,05	C
Testigo	1,27	4	0,05	C D
Dewh	1,32	4	0,05	C D E
DEt	1,38	4	0,05	D E
DJt	1,40	4	0,05	D E
DJr	1,42	4	0,05	E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p



## 8.4 Lolium sp. Susceptible

### Largo de coleoptile

#### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
RAIZ Coleo largo	34	0,42	0,24	15,69

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

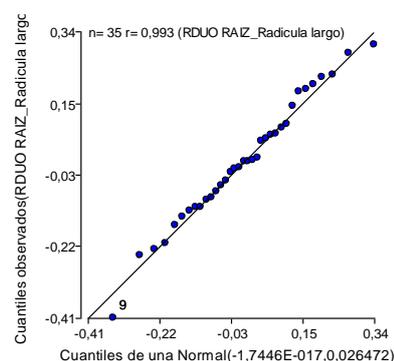
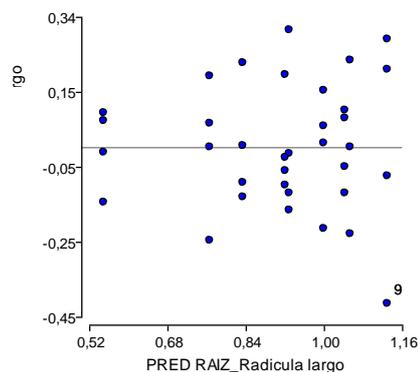
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,93	8	0,12	2,30	0,0536
Tratamiento	0,93	8	0,12	2,30	0,0536
Error	1,27	25	0,05		
Total	2,20	33			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,34020

Error: 0,0508 gl: 25

Tratamiento	Medias	n	E.E.
DJh	1,14	4	0,11 A
Testigo	1,16	3	0,13 A B
DEwr	1,36	4	0,11 A B C
DEwt	1,43	4	0,11 A B C
DEr	1,51	4	0,11 B C
DJt	1,53	4	0,11 C
DJr	1,56	4	0,11 C
DEh	1,59	3	0,13 C
DEt	1,63	4	0,11 C

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



### Plántulas con coleoptile (%)

#### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
ASEN % de coleoptiles	40	0,51	0,36	36,35

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

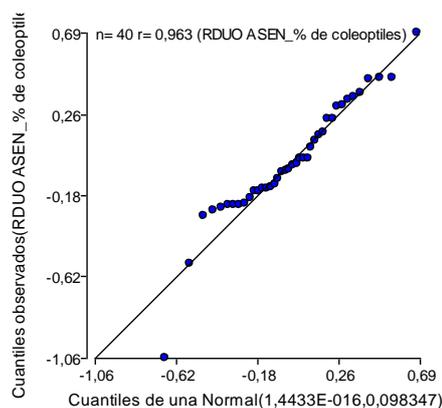
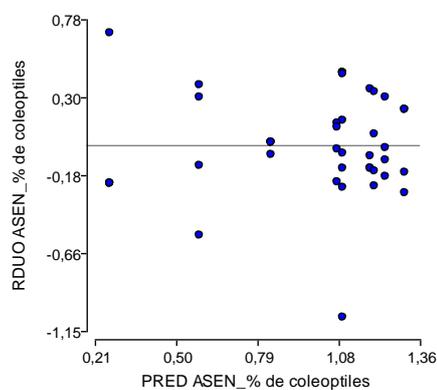
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4,02	9	0,45	3,46	0,0049
Tratamiento	4,02	9	0,45	3,46	0,0049
Error	3,87	30	0,13		
Total	7,89	39			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,51875

Error: 0,1290 gl: 30

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Dewh	0,26	4	0,18 A
Testigo	0,58	4	0,18 A B
DEwr	0,84	4	0,18 B C
DJh	1,07	4	0,18 B C
DEh	1,09	4	0,18 B C
DEwt	1,09	4	0,18 B C
DEr	1,19	4	0,18 C
DJt	1,21	4	0,18 C
DEt	1,24	4	0,18 C
DJr	1,31	4	0,18 C

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



## Largo de radícula

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
RAIZ Radicula largo	35	0,52	0,38	20,51

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,99	8	0,12	3,58	0,0063
Tratamiento	0,99	8	0,12	3,58	0,0063
Error	0,90	26	0,03		
Total	1,89	34			

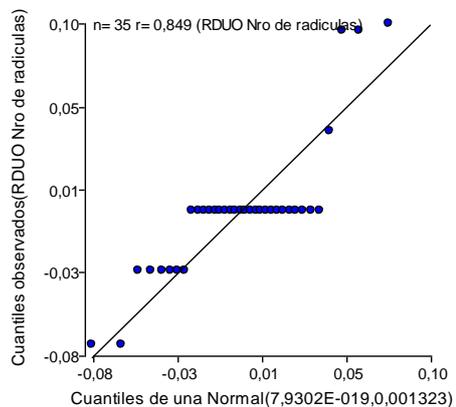
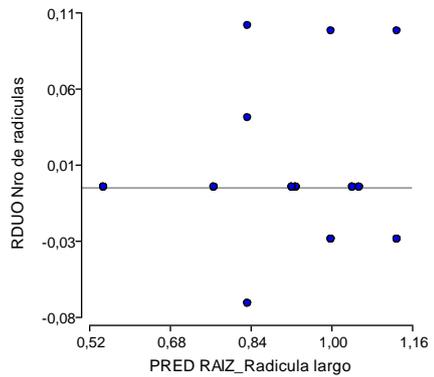
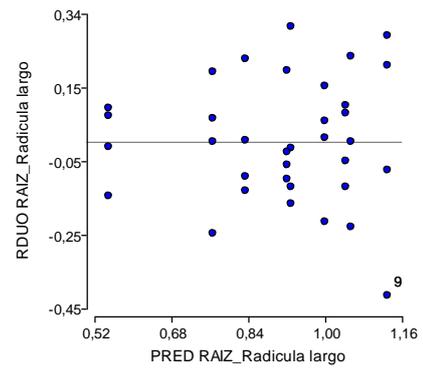
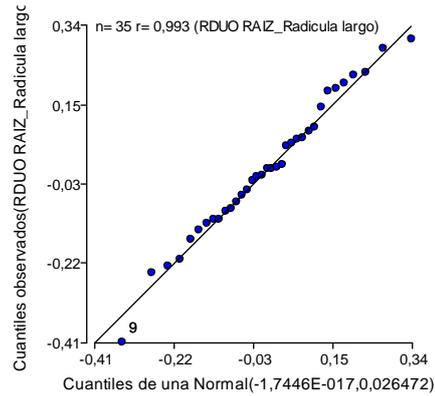
Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,27539

Error: 0,0346 gl: 26

Tratamiento Medias n E.E.

DJh	0,54	4	0,09	A
Testigo	0,76	4	0,09	A B
DEwt	0,83	4	0,09	B
DJr	0,92	4	0,09	B C
DEwr	0,93	4	0,09	B C
DJt	1,00	4	0,09	B C
DEt	1,04	4	0,09	B C
DEh	1,05	3	0,11	B C
DEr	1,13	4	0,09	C

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



## Cantidad de raicillas

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Nro de radículas	35	0,30	0,09	4,10

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,02	8	2,4E-03	1,41	0,2408
Tratamiento	0,02	8	2,4E-03	1,41	0,2408
Error	0,04	26	1,7E-03		
Total	0,06	34			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,06157

Error: 0,0017 gl: 26

Tratamiento Medias n E.E.

Testigo	1,00	4	0,02	A
DJh	1,00	4	0,02	A
DJr	1,00	4	0,02	A
DEwr	1,00	4	0,02	A
DEt	1,00	4	0,02	A
DEh	1,00	3	0,02	A
DJt	1,03	4	0,02	A B
DEr	1,03	4	0,02	A B
DEwt	1,07	4	0,02	B

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

## Germinación

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
% de germinación	40	0,19	0,00	45,74

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,35	9	0,04	0,77	0,6477
Tratamiento	0,35	9	0,04	0,77	0,6477
Error	1,51	30	0,05		
Total	1,85	39			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,32358

Error: 0,0502 gl: 30

Tratamiento	Medias	n	E.E.
DEh	0,29	4	0,11 A
Dewh	0,42	4	0,11 A B
DJr	0,46	4	0,11 A B
DEr	0,47	4	0,11 A B
DJh	0,49	4	0,11 A B
DEwr	0,49	4	0,11 A B
DEwt	0,50	4	0,11 A B
Testigo	0,54	4	0,11 A B
DJt	0,59	4	0,11 A B
DEt	0,65	4	0,11 B

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

