

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y FORESTALES- UNLP.



**Trabajo final de carrera  
Modalidad Dúo: Trabajo de Investigación**

**“Capacidad de inducción de defensas para el control del pulgón verde de los cereales por compuestos precursores del ácido salicílico, en cultivares pre-comerciales de avena”**

**Estudiante: Andreone Da Silva Matias Nicolas**

Nº de Legajo: 27203/4

DNI: 37673143

Dirección de correo electrónico: [mati-ds@hotmail.com](mailto:mati-ds@hotmail.com)

Teléfono: 2223 506936

**Estudiante: Paladino Ramiro**

Nº de Legajo: 26783/4

DNI: 36118682

Dirección de correo electrónico: [ramiopaladino91@gmail.com](mailto:ramiopaladino91@gmail.com)

Teléfono: 2914074278

Director: **Dra. SALDUA VILMA LUCIANA**

Codirector: **Dr. ROMANELLI GUSTAVO**

Asesor: **Dra. CASTRO ANA MARÍA**

2020

## **AGRADECIMIENTOS**

Nuestro agradecimiento a la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad Nacional de La Plata, por ser sede de todos los conocimientos adquiridos en estos años.

A nuestra directora, Dra. VILMA LUCIANA SALDUA y codirector, Dr GUSTAVO PABLO ROMANELLI, por su dirección, paciencia, entrega y valiosos consejos que permitieron alcanzar los objetivos de esta tesis.

A la Dra. ANA M. CASTRO por su asesoría a lo largo del presente proyecto

Al Ing. Agr. DANIEL GIMÉNEZ y a la Ing. Agr. SUSANA B. PADÍN.

A los evaluadores por la revisión y los aportes a nuestra tesis Ing. Agr. GLADYS LAMPUGNANI y el Ing. Agr. ALEJANDRO MORENO KIERNAN.

Finalmente a nuestras familias y amigos y compañeros de carrera quienes nos brindaron su apoyo, tiempo e información para el logro de este trabajo.

# **ÍNDICE**

<b>Carátula</b>	1
<b>Agradecimientos</b>	2
<b>Índice</b>	3
<b>Resumen</b>	4
<b>Listado de abreviaturas</b>	6
<b>Introducción</b>	7
Producción en Argentina	7
Objetivos específicos	15
<b>Materiales</b>	15
Cría y mantenimiento de las poblaciones del áfido <u>S. graminum</u>	15
Material vegetal	15
Compuestos	15
<b>Preparación de cinemato de metilo y etilo</b>	16
<b>Evaluación de antixenosis o no preferencia</b>	18
Metodología	18
Resultados	19
<b>Evaluación de la tolerancia</b>	22
Metodología	22
Resultados	25
<b>Discusión</b>	29
<b>Conclusión</b>	30
<b>Bibliografía</b>	32
<b>Anexo 1</b>	38
<b>Anexo 2</b>	40
<b>Anexo 3</b>	42

## **RESUMEN**

En la Argentina la avena tiene importancia en la industria alimenticia y como destino forrajero, su producción está afectada por diversos factores bióticos, uno de ellos, el pulgón verde de los cereales. El objetivo fue evaluar la capacidad de inducción de defensas al el pulgón verde de los cereales en dieciséis cultivares de avena mediante la aplicación de dos precursores del ácido salicílico: cinamato de metilo (**R1**) y etilo (**R2**).

**Antixenosis.**

Se evaluó mediante la prueba de libre selección de hospedero, por el número de áfidos adultos por planta. Se empleó un diseño complemente aleatorizado (DCA) con tres tratamientos y 10 repeticiones para cada uno: 1) T1: plantas testigos asperjadas con Tween20 y agua, 2) R1: aspersión con una solución de  $1 \times 10^{-5}$  M de R1 y 3) aspersión con  $1 \times 10^{-5}$  M de R2. Dos variedades aumentaron su antixenosis con R1 y otras seis con R2, disminuyendo así, el número de insectos por planta en relación al T1.

**Tolerancia.**

Se determinó mediante tres parámetros fisiológicos en 15 cultivares: contenido de clorofila (unidades SPAD), el índice de incremento diario para altura (IA), peso seco aéreo (IPSA). Hubo cuatro tratamientos: (**T1**) testigo asperjado con Tween20 y agua; (**T2**) infestación con pulgones, (**T3**) y (**T4**) plantas asperjadas con una solución  $1 \times 10^{-5}$  M de R1 y R2 respectivamente más infestación con pulgones. SPAD: solo en diez variedades T1 fue significativamente mayor a T2, a T3, o a T4, según la variedad. La disminución del contenido de clorofila podría indicar que estos materiales perdieron tolerancia constitutiva con la aspersión de R1 o R2. Once cultivares no presentaron diferencias significativas en el índice IA entre T1 y los restantes tratamientos. Ningún cultivar mejoro el IA con la aspersión de R1 y R2. Cuatro variedades disminuyeron significativamente el IA de T1 en

comparación con los demás tratamientos. Ningún cultivar tuvo diferencias significativas en el IPSA entre su T1 con relación a sus T2, T3 y T4.

## **LISTADO DE ABREVIATURAS**

Nº af/pta.: número de áfido adulto por planta

DCA: diseño complemente aleatorizado

R1: cinamato de metilo

R2: cinamato de etilo

R1: tratamiento con R1 (Tratamiento en antixenosis)

R2: tratamiento con R2 (Tratamiento en antixenosis)

T: tratamiento testigo (Tratamiento en antixenosis)

T1: tratamiento testigo (Tratamiento en Tolerancia)

T2: tratamiento de infestación solo con pulgones (Tratamiento en Tolerancia)

T3: tratamiento con R1 e infestado con pulgón (Tratamiento en Tolerancia)

T4: tratamiento con R2 e infestado con pulgón (Tratamiento en Tolerancia)

DPI: días después de la infestación con áfidos

IA: índice de Incremento diario de altura

t1: medición en un tiempo inicial

t2: medición un tiempo final

50% DAFF: 50 % de daño del área foliar fotosintetizante

PSA: peso seco de la parte aérea

IPSA: índice de incremento diario de peso seco aéreo

AP: ácido de preyssler

SA: ácido salicílico

PAL: fenilalanina amoniaco liasa

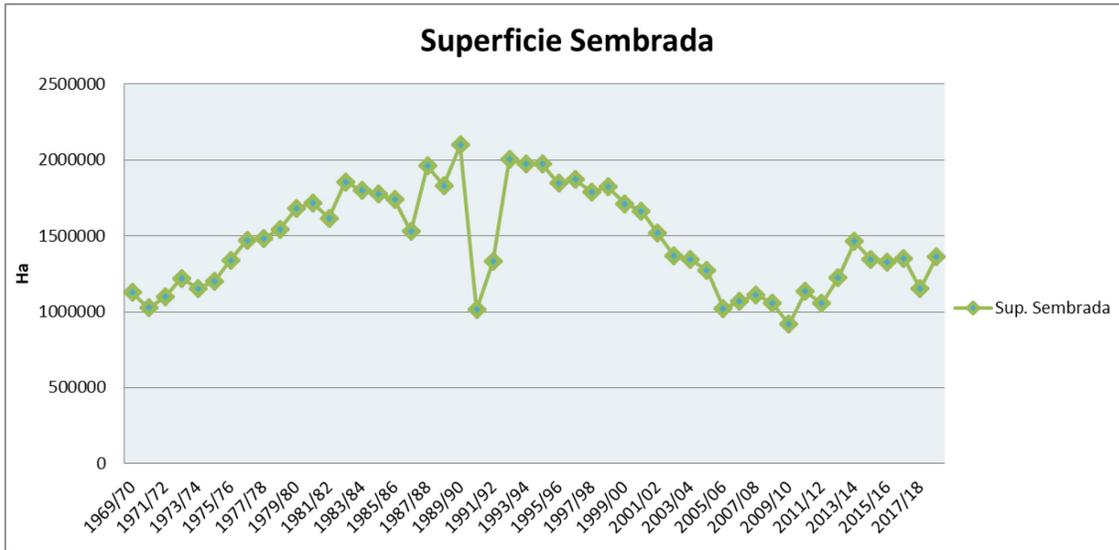
# **INTRODUCCION**

---

La avena es un cereal, pertenece a la familia Poaceae, las principales especies que se cultivan a nivel mundial son la avena blanca *Avena sativa* L., la avena amarilla *Avena bizantina* K., y la avena negra o de los arenales *Avena strigosa*, siendo de importancia tanto para la industria alimenticia como cereal forrajero (Amigone y Tomaso, 2007; Carbajo, 1998). La avena posee distintos usos en la industria alimentaria con una amplia oferta de sus productos, contiene proteínas de alto valor biológico, siendo especialmente ricas en lisina, vitaminas B1, B2, B3, B6 y E, buena cantidad de fibras, y presenta bajas cantidades de gluten en relación al trigo (Squella y Ormeño, 2007). Nuestro país presenta condiciones agroecológicas favorables para la producción de este cereal, existen distintas variedades, siendo las más difundidas la avena blanca como verdeo de invierno y la avena amarilla (Amigone y Tomaso, 2007). Es un cereal con múltiples uso para la agricultura nacional, si bien, predominan aquellos relacionados con el consumo animal, verdeo estacional, heno y racionamiento con grano; también se utiliza como cultivo acompañante en la implantación de pasturas o para cama de animales estabulados, cultivo de cobertura de suelos y en rotaciones agrícolas (Carbajo, 1998).

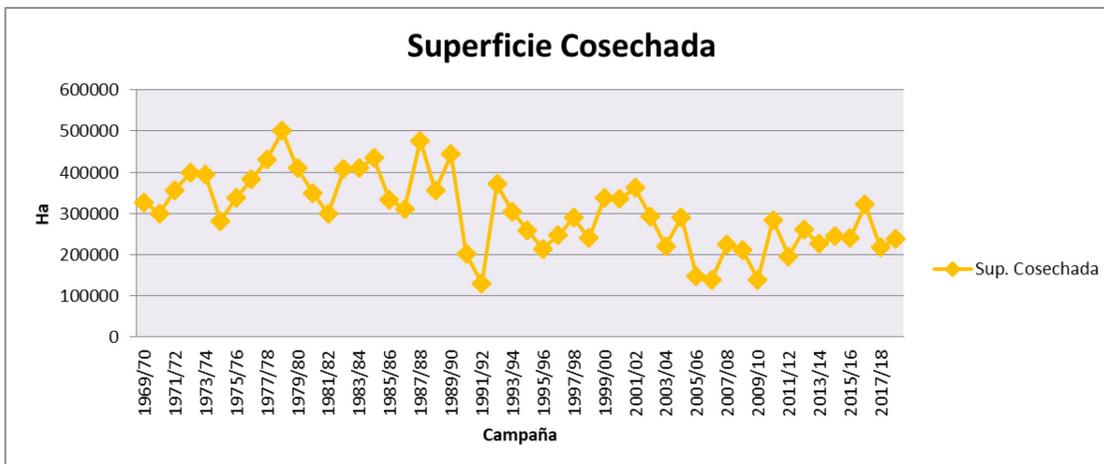
## **Produccion en argentina**

Según los datos del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la serie histórica 1969-2019, se puede ver la variación en la superficie sembrada (Fig. 1), a su vez se observa la superficie cosecha (Fig. 2), siendo ésta menor, en gran parte, debido a su destino en alimentación animal. También queda registrada la producción (Fig. 3) y el rendimiento (Fig. 4) de éste cereal, en los últimos 50 años.



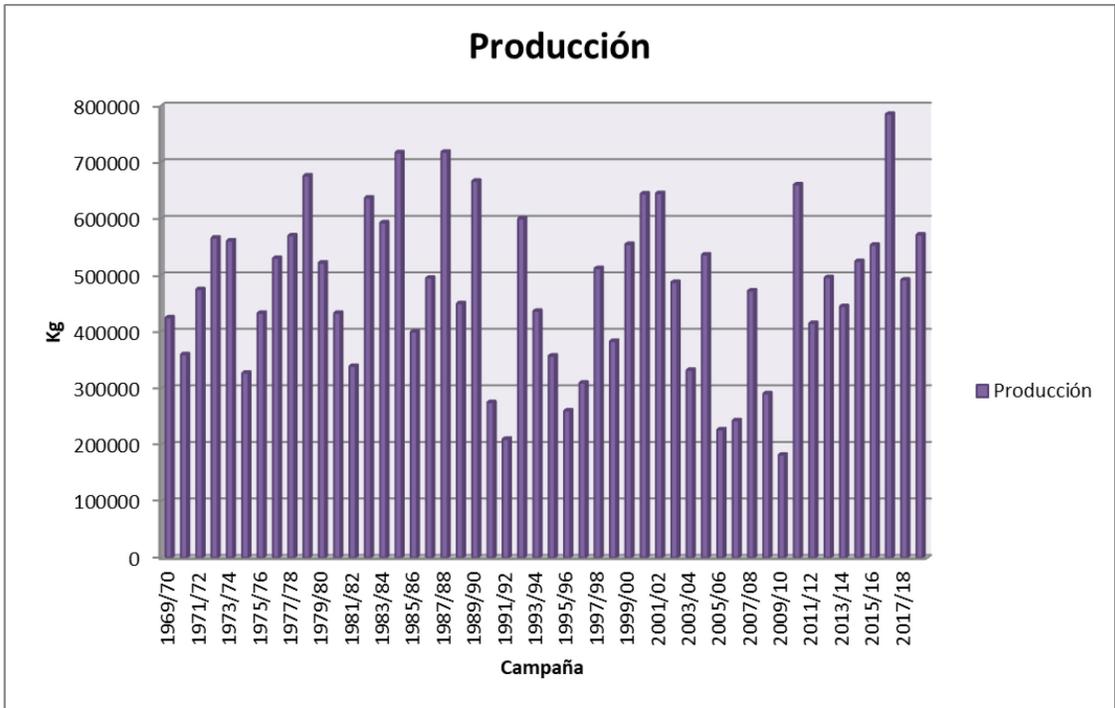
**Figura Nº 1:** Superficie sembrada de avena en Argentina.

(Fuente: <http://datosestimaciones.magyp.gob.ar/reportes.php?reporte=Estimaciones>)



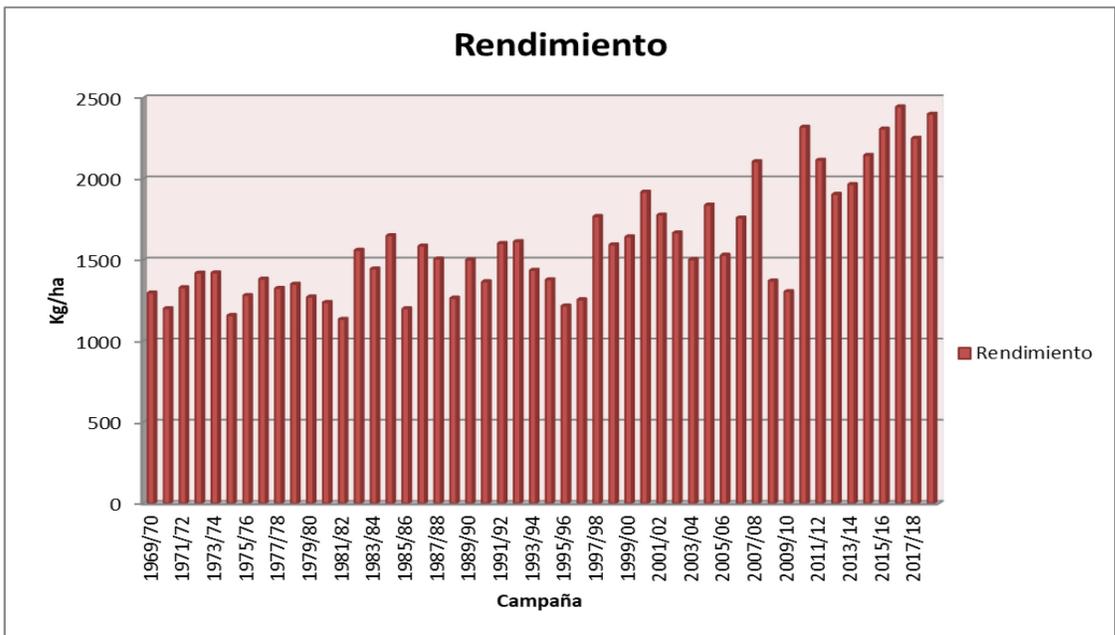
**Figura Nº 2:** Superficie cosechada de avena en Argentina

(Fuente: <http://datosestimaciones.magyp.gob.ar/reportes.php?reporte=Estimaciones>)



**Figura Nº 3:** Producción de avena en Argentina.

(Fuente: <http://datosestimaciones.magyp.gob.ar/reportes.php?reporte=Estimaciones>)

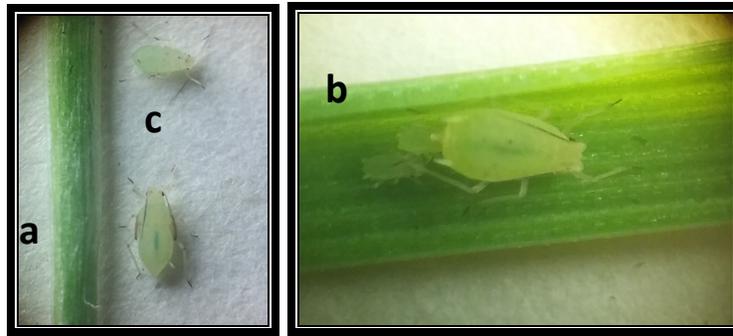


**Figura Nº 4:** Rendimiento de avena en Argentina

(Fuente: <http://datosestimaciones.magyp.gob.ar/reportes.php?reporte=Estimaciones>)

La producción y rendimiento de los cereales está afectada por varios factores genéticos, ambientales, enfermedades y plagas. Dentro del grupo de los insectos fitófagos, los pulgones (Orden Hemiptera, familia Aphididae) son de gran importancia sanitaria en nuestra zona cerealera. Dentro del complejo de áfidos, una especie bien caracterizada es el pulgón verde de los cereales *Schizaphis graminum* (Rondani, 1852) (ver Fig. 5), especie cosmopolita, que ha expandido su zona de incidencia a varias provincias en Argentina (Clúa et al. 2004), y se ha reportado como la principal plaga de avena y sorgo en Uruguay (Ribeiro et al. 2014).

Esta especie ataca los cereales desde el estado de macollaje hasta encañazón formando colonias ubicadas en el envés de las hojas, es vector del virus del enanismo amarillo de la cebada (Barley Yellow Dwarf Virus BYDV). Los mayores daños se observan desde las dos semanas posteriores a la emergencia de las plántulas. El ataque se caracteriza por la presencia de manchones amarillos y necrosis, provocado por la saliva toxica del insecto (Dughetti 2012). Hasta el momento, solo se cuenta con un Umbral de Daño para *S. graminum* en trigo, por lo que la toma de decisión de control químico es: i) Desde Emergencia de la planta a 15 días: presencia de 3 – 5 pulgones por plantas, y ii) Posterior a los 15 días de emergencia: más de 15 pulgones por planta (Fogar y Simonella, 2010). Para nuestro país, los principios activos de los insecticidas registrados para el control de pulgones son: Fenitrotion EC 100%; Clorpirifós EC 48%; Pirimicarb WG 50%, Mercaptotión EC 100 %; OxidemetónMetil EC 25 %; Dimetoato EC 37.6 %; Imidacloprid FS 60 % WS 70 %; Tiametoxan + landacialotrina SC 14.1% y Carbofuram FS 31% (Fogar y Simonella, 2010).



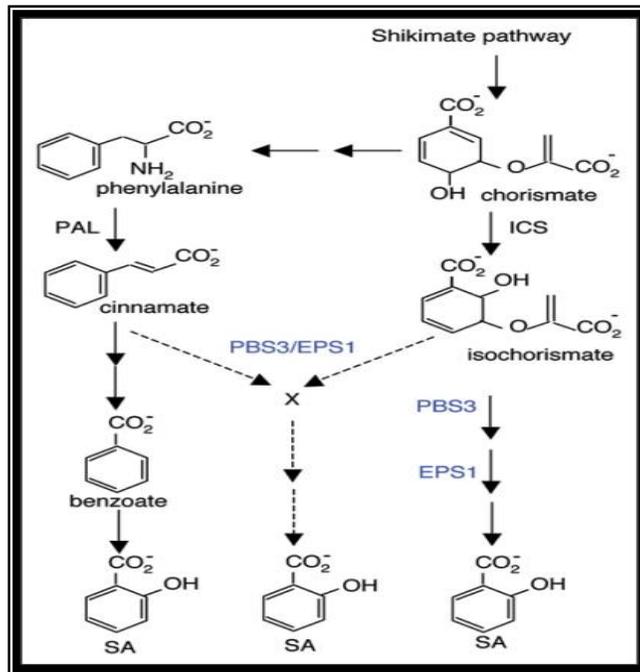
**Figura N° 5.** Individuos de *S. graminum*, a) Ninfa con esbozos alares, b) adulto áptero, (sin alas); c) ninfa áptera, (sin alas). (Fuente: Paladino y Da Silva, 2019).

Las plantas han desarrollado algunos mecanismos de defensa contra los patógenos e insectos herbívoros, algunos de los cuales pueden ser constitutivos o inducidos, directos e indirectos. Las defensas inducidas, son aquellas que se generan cuando la planta detecta que está siendo atacada por patógenos o insectos plaga, ante esto, se activa el mecanismo de defensa mediado por algunas fitohormonas (Mithöfer y Boland, 2012). Las defensas inducidas están reguladas por una red de señalización e interconexión entre las fitohormonas tales como el ácido jasmónico (AJ), el ácido salicílico (AS) y el etileno (Et), entre otras, varios de estos mecanismos involucran interacciones antagónicas y sinérgicas entre ellas (Foyer et al. 2015). El AS participa en diversos procesos como respuesta a estrés abiótico y biótico. Es una fitohormona fenólica, conocida por su rol esencial en la ruta de transducción de señales que conduce a la activación de genes que codifican para proteínas PR (proteínas asociadas a la patogénesis), y de respuesta hipersensible (RH), muerte celular programada que se desarrolla para delimitar el área de infección de un patógeno (Rangel Sánchez et al. 2010).

Los primeros estudios sobre participación del AS o compuestos afines tales como el BTH (Benzo-(1, 2, 3)-tiadiazol-7-S carbotionato de metilo- metil ester) en la resistencia a enfermedades fueron en plantas de tomate. Estas investigaciones sugirieron que estos

compuestos inducen la expresión de genes de proteínas PR confiriéndole cierto nivel de resistencia a patógenos, virus, bacterias y hongos. El BTH es un compuesto sintético que actúa de modo similar al SA, induciendo resistencia inducida en varios cultivos, tales como cucurbitáceas, pimientos, tomates, frutales como el duraznos, papayas, especies ornamentales como crisantemos, leguminosas como el frijol (Anfoka 2000; Dann y Deverall, 1995; D'Amelio et al. 2010; Gorlach et al. 1996; Hongxia Liu et al. 2005; Matheron y Porchas, 2002; Mbouobda Fotso et al. 2010; Rangel Sanchez et al. 2010; Sahar Gholi-Tolouie et al. 2018; Vlot et al. 2008; Zhu et al. 2003).

Los cinamatos de alquilo son compuestos pertenecientes a la familia química de los fenilpropanoides. Varios de ellos constituyen metabolitos secundarios presentes en plantas, siendo además precursores de ácidos cinámicos. Estos compuestos, ya sean extraídos de las plantas o preparados por síntesis han sido citados con diversas actividades como por ejemplo repelente, antialimentaria de insectos y antifúngica (Abdelgaleil et al. 2008; Haug et al. 2019; Kin et al. 2008; Lee et al. 2008). Estudios bioquímicos realizados por Zhixiang Chen y colaboradores (2009) han sugerido que a partir del ácido cinámico producido por la fenilalanina amoniaco liasa (PAL), las plantas sintetizan el SA (Fig. 6). PAL es un regulador clave de la vía fenilpropanoide y se induce bajo una variedad de condiciones de estrés biótico y abiótico. El AS puede formarse a partir de cinamato a través de *o*-cumarato o benzoato, dependiendo de si la hidroxilación del anillo aromático tiene lugar antes o después de las reacciones de acortamiento de la cadena.



**Figura Nº 6.** Via de Síntesis del AS en plantas, ruta del Sikimico. Fuente\_Zhixiang Chen et al. (2009).

Dentro de las categorías de resistencia a insectos, se distinguen dos tipos: la antixenosis y la tolerancia, las cuales serán utilizadas en este trabajo. La antixenosis, también llamada no preferencia, expresa la capacidad de las plantas de no compatibilizar con el insecto, evitando que el insecto la utilice para oviposición, alimento o refugio. Mientras que la tolerancia representa la capacidad de la planta de soportar sin perder producción, una población de insectos que produciría daño en una variedad susceptible (Painter, 1951).

La incidencia del daño del pulgón en los primeros estadios (hasta 4 hojas verdaderas expandidas) de las plántulas de trigo y cebada, presenta una alta correlación con la identificación de materiales antixenóticos y tolerantes, este conjunto de técnicas son utilizadas en los centros de investigación CIMMYT e ICARDA ([www.cimmyt.org](http://www.cimmyt.org); [www.caigeproject.org.au](http://www.caigeproject.org.au)), metodología usada por el grupo de trabajo de la Dra. Castro y

colaboradores (Caridad et al. 2017; Castro et al. 2010, 2008,1999; Saldua, 2013; Saldua y Castro, 2011; Tacaliti, 2017; Tocho et al. 2013), la cual se usara en el presente proyecto.

En los ultimos años se han incorporado al mercado nuevas variedades de avena, con distintas características y usos, por ello resulta de interes evaluar el comportamiento sanitario frente al ataque de los pulgones, y al mismo tiempo, generar conocimiento sobre el uso de compuestos organicos para el control de estos insectos que apliquen a los postulados de la Química Verde. El uso indiscriminado y el mal manejo de productos fitosanitarios han tenido numerosas consecuencias negativas ambientales y con incidencia peligrosa en la salud humana y animal, por lo que resulta imperante la búsqueda de alternativas sustentables.

La preparación clásica en el laboratorio de cinamatos de alquilo suele emplear considerables cantidades de reactivos tóxicos, catalizadores no reciclables como el ácido sulfúrico o solventes clorados como cloroformo o diclorometano. En el presente Proyecto de Trabajo Final de carrera se propone la preparación de cinamato de metilo y etilo siguiendo los Principios de la Química Verde, entendida como la Química en post de la eliminación del uso o la generación de sustancias nocivas para el medio ambiente y la salud humana. Alternativas para ello son el uso de reacciones catalíticas y el uso de solventes de bajo impacto ambiental. Para ello se emplean catalizadores sólidos ácidos de las familias de los heteropoliácidos de estructura Preyssler que se caracterizan por su reusabilidad y que producen transformaciones de mayor selectividad (Ruiz, 2009). Por lo tanto, se proponen realizar las primeras evaluaciones sobre el uso de estos compuestos orgánicos como alternativas sustentables para control de afidos.

El **Objetivo General** es evaluar la capacidad de inducción de defensas en cultivares pre-comerciales de avena para el pulgón verde de los cereales mediante la aplicación de dos

precursores del ácido salicílico (cinamato de metilo y etilo), sintetizados mediante procedimientos de bajo impacto ambiental.

### **Objetivos específicos:**

1. Sintetizar mediante procedimientos de bajo impacto ambiental, cinamato de metilo y etilo empleando un catalizador sólido ácido perteneciente a la familia de los heteropoliácidos de estructura Preyssler.
2. Evaluar la capacidad de inducir antixenosis en cultivares de avena de distintos precursores del ácido salicílico.
3. Evaluar la capacidad de inducir tolerancia en cultivares de avena de distintos precursores del ácido salicílico.

## **MATERIALES**

---

- **Cría y mantenimiento de las poblaciones del áfido *S. graminum***. Se multiplicaron bajo condiciones controladas de temperatura 22° C ( $\pm 1$  °C) y fotoperiodo (12:12 luz: oscuridad), en el insectario perteneciente al curso de Genética, FCAYF-UNLP en la ciudad de La Plata. Los insectos fueron criados en macetas de plásticos en una mezcla de trigo comercial, todos los insectos nacieron de una sola hembra adulta áptera de forma partenogenética.

- **Material vegetal**. Se utilizaron 16 cultivares de avena aportados por el grupo de trabajo perteneciente a la Dra. A. M. Castro, originados en el Grupo de Mejora de la Chacra Experimental Integrada de Barrow en Tres Arroyos.

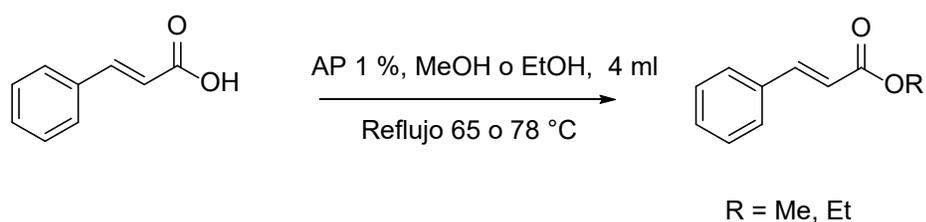
- **Compuestos**. Se utilizaron dos compuestos orgánicos: cinamato de metilo (R1) y etilo (R2) preparados en la cátedra de Química Orgánica FCAYF-UNLP supervisados por el Dr.

Gustavo Romanelli. Se utilizó una solución de  $1 \times 10^{-5}$  M de R1 y R2, las concentraciones de R1 y R2 fueron elegidas en base a los protocolos de trabajo desarrollados por el grupo de investigación dirigido por la Dra. Castro, A.M. donde una solución de  $1 \times 10^{-5}$  de ácido salicílico (AS) fue probada satisfactoriamente para inducir respuesta de defensa a pulgones en trigo y cebada (Castro et al. 2008; Tocho, 2010; 2012a).

## ***Preparación de cinamato de metilo y etilo***

---

La preparación de ambos compuestos (R1) y etilo (R2) se realizó mediante la reacción entre ácido cinámico y metanol o etanol anhidros a reflujo (65 °C para metanol y 78 °C para etanol) en ausencia de solvente empleando cantidades catalíticas de un heteropoliácido de estructura Preyssler (1 mmol % por milimol de sustrato), según el protocolo realizado en la cátedra de Química Orgánica de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad Nacional de La Plata (Fig. N° 7).



**Figura N° 7.** Preparación de cinamato de metilo y etilo.

Para la Síntesis de cinamato de metilo, siguieron los protocolos descritos en Haug y col. (2019):

A continuación, se detallan los procedimientos experimentales de preparación: para la síntesis de cinamato de metilo, se colocaron en un recipiente de reacción (Tubo de acero inoxidable sellado) 1 milimol de ácido transcinámico y 4 ml de metanol, junto a 1 mmol % de AP, en un baño de vaselina calentado a 110°C, con agitación. El avance de la reacción se observó realizando una cromatografía en capa delgada cada una hora, usando tolueno como solvente de desarrollo. No se observaron cambios en la composición de la mezcla luego de 16 horas de reacción. El cinamato de metilo se extrajo con 2 ml de tolueno y se lavó con porciones de solución de NaHCO<sub>3</sub> al 10 % p/V (3 x 2 ml), y luego con agua destilada (2 x 2 ml). La fase orgánica se secó con Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> anhidro. La solución en tolueno con el cinamato de metilo se diluyó con 3 ml de éter de petróleo, y se resolvió mediante cromatografía en columna utilizando como solvente una mezcla 1:1 de éter de petróleo y tolueno. El solvente de las fracciones reunidas se evaporó en vacío, hasta que el residuo de la evaporación alcanzó peso constante. El compuesto fue obtenido con un rendimiento del 49 % (selectividad 100 %) libre de productos secundarios.

En tanto, para la síntesis de cinamato de etilo, se siguió el mismo protocolo descrito anteriormente por Haug y col. (2019), estando la diferencia en el rendimiento, con un 66 %.

# ***Evaluación de antixenosis o no preferencia***

---

## ➤ **Metodología**

El análisis de antixenosis o no-preferencia de los 16 cultivares de avena se realizó mediante la prueba de libre selección de hospedero, la variable evaluada fue el número de áfido adulto/planta (**Nº af/pta**), método adaptado por Castro et al. 1999, utilizados por Tocho et al. (2012 a; b), Saldúa (2013), Tacaliti (2017). Inicialmente se germinaron 20 semillas de cada variedad de avena en caja de Petri y una vez emergidas las plántulas, se eligieron 10, las cuales fueron trasplantadas a viales de plástico usando como sustrato vermiculita (ver Fig. 7). Se formaron 30 círculos en total, cada uno con una sola plántula de cada uno de los 16 cultivares, en el estado de segunda hoja expandida según escala Zadok Z: 1.2 (Satorre et al. 2004), se empleó un diseño completamente aleatorizado (DCA) donde la ubicación de cada plántula en su círculo fue sorteada al azar. Los tratamientos evaluados fueron:

- 1) T: las plantas testigos se asperjaron con Tween20 y agua, hubo 10 repeticiones, equivalente a 10 círculos.
- 2) R1: plantas asperjadas con solución de  $1 \times 10^{-5}$  M de R1 hasta chorreo, hubo 10 repeticiones, equivalente a 10 círculos
- 2) R2: plantas asperjadas con solución de  $1 \times 10^{-5}$  M de R2 hasta chorreo, hubo 10 repeticiones, equivalente a 10 círculos

Pasadas 24 h luego del asperjado de los tratamientos T, R1 y R2, en el centro de cada círculo se colocó 7-8 hembras ápteras adultas de *S. graminum* por cada variedad de avena (total de 120 insectos aproximadamente por cada círculo). Los insectos se alimentaron durante 24 h más, pasado este tiempo, se realizó el conteo del número de

áfidos por planta (af/pta) (ver Fig. 8). Los datos se analizaron mediante análisis de varianza (ANOVA) usando el programa STATISTICA 7.1 y las medias de los distintos cultivares se compararon usando el test de Tukey. Para un mejor ajuste de la normalidad, los datos fueron transformados con la fórmula del Log (X+1).



**Figura N° 8.** a) Plántulas en viales, b) recuento del número de áfidos.

## ➤ Resultados

Se encontraron diferencias significativas solamente entre el testigo y los tratamientos (ver Tabla de N°1 y N° 2).

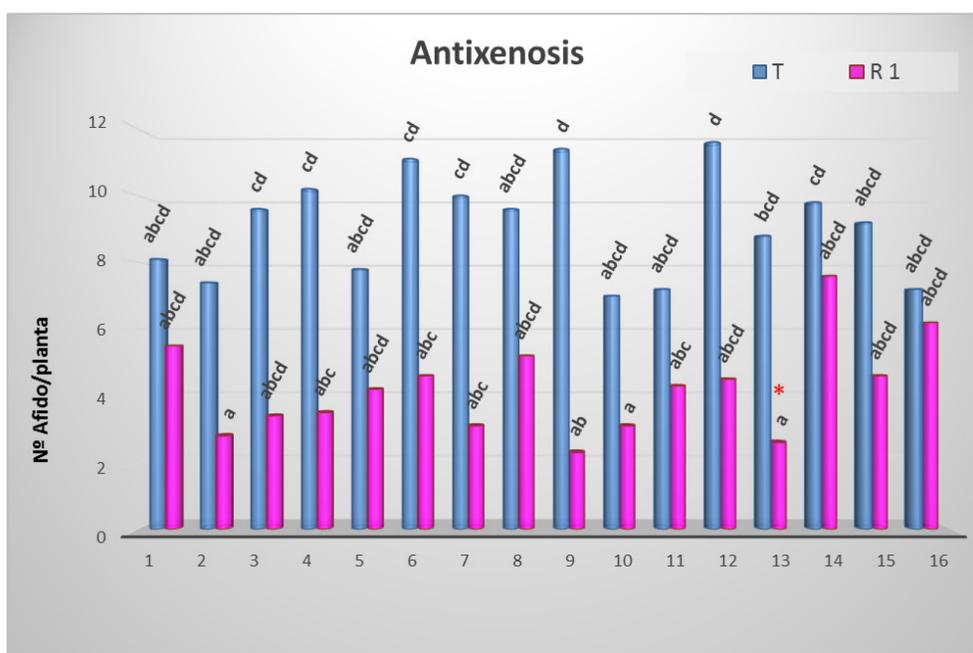
**Tabla N°1.** Análisis de la variación en el número de áfidos por planta en los 16 cultivares de avena bajo los tratamientos T y R1.

	SS	g.l	MS	F	P
Cultivares	1,5124	15	0,1008	1,278	0,215134
Tratamiento	8,0292	1	8,0292	<b>101,751</b>	<b>0,000000</b>
Cultivares*Tratamiento	1,8771	15	0,1251	1,586	0,076668
Error	22,7262	288	0,0789		

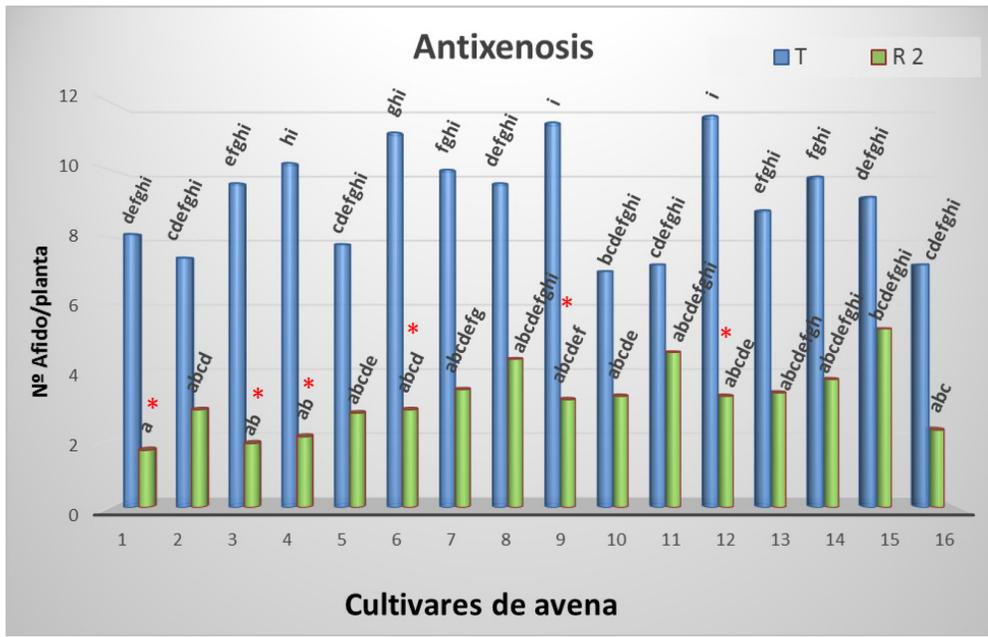
**Tabla N°2.** Análisis de la variación en el número de áfidos por planta en los 16 cultivares de avena bajo los tratamientos: T y R2.

	SS	g.l	MS	F	P
Cultivares	1,3298	15	0,0887	1,501	0,103744
Tratamiento	10,9871	1	10,9871	<b>185,979</b>	<b>0,000000</b>
Cultivares*Tratamiento	1,4619	15	0,0975	1,650	0,060647
Error	17,0142	288	0,0591		

Dos cultivares de avena N° 9 y el N° 13 vieron mejorada significativamente su antixenosis con la aspersión del R1, los restantes cultivares no modificaron tal condición con este tratamiento (ver gráfico N° 1). En tanto que, los cultivares N° 1, 3, 4, 6, 9 y 12 caracterizados por su condición de ser preferidos por el insecto cambiaron tal condición a No preferidos cuando fueron asperjados con R2, disminuyendo así, el número de insectos por planta (ver Gráfico N° 2).



**Gráfico N° 1.** Valores promedios del número de áfidos por planta de 16 cultivares de avena, bajo los tratamientos T y R1. El gráfico se presenta con los datos sin transformar.



**Gráfico N° 2.** Valores promedios del número de áfidos por planta de 16 cultivares de avena, bajo los tratamientos T y R2. El gráfico se presenta con los datos sin transformar.

# ***Evaluación de la Tolerancia***

---

## ➤ **Metodología**

Las semillas de los 15 cultivares fueron germinadas con el mismo procedimiento explicado en el ensayo de antixenosis, el cultivar N° 9 se perdió por problemas metodológicos. Se usó el método tradicional empleado por Castro et al. 1999, Tocho et al. (2012 a; b), Saldúa (2013), Tacaliti (2017). Se realizaron cuatro tratamientos en bandejas separadas en simultáneo (ver Fig. 8):

1. Tratamiento testigo (**T1**): plantas fueron asperjadas solo con Tween20.
2. Tratamiento con pulgones (**T2**): Al estado de segunda hoja expandida, se infestó con 7 hembras ápteras adultas por planta, periódicamente se registró el número de insectos presentes en cada planta para mantener su número constante.
3. Tratamiento con R1 y pulgones (**T3**): con el fin de evaluar el nivel de tolerancia inducida, en el estado de segunda hoja expandida se procedió a la aplicación de R1 mediante aspersión hasta chorreo. Pasado 24 h, cada planta fue infestada con 7 hembras ápteras adultas.
4. Tratamiento con R2 y pulgones (**T4**): con el fin de evaluar el nivel de tolerancia inducida, en el estado de segunda hoja expandida se procedió a la aplicación de R2 mediante aspersión hasta chorreo. Pasado 24 h cada planta fue infestada con 7 hembras ápteras adultas.

Mediante observación directa se determinó el 50 % de daño del área foliar fotosintetizante (50% DAFF) de cada cultivar después de ser infestadas con pulgones (DPI), dependiendo de cada material, se fue suspendiendo el ensayo. Algunas variedades alcanzaron el 50% DAFF a los 5 días (5 DPI), otro grupo de variedades alcanzaron tal condición luego de 6

días (6 DPI), mientras que las restantes en 7 días (7 DPI). A medida que se iban suspendiendo las observaciones, las plantas de todos los tratamientos correspondientes (T, P, R1+P y R2+P) fueron cosechadas y se evaluaron cuatro variables en distintos tiempos finales (T2):

**Contenido de clorofila (SPAD):** medido en unidades SPAD mediante el uso de un medidor portátil de clorofila (SPAD 505, Minolta Co. Ltd.). Los valores de SPAD correspondieron a un promedio de dos mediciones realizadas entre el ápice y la base en la segunda hoja expandida. La medición fue realizada para los genotipos de avena: N° 1, 2, 4, 10, 15 y 16 fue a los 5 DPI. Para los genotipos N° 5, 11 y 13 el T2 fue a 6 DPI. Mientras que para los genotipos N° 3, 6, 7, 8, 12 y 14 fue a 7 DPI.

1. **Altura de la planta (AI)** se midió desde la base hasta el extremo de la hoja más extensa. Para este parámetro, se determinó el índice de Incremento diario de altura (IA) con una medición en un tiempo inicial (t1) y la otra en un tiempo final (t2), de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$(IA) = \frac{A \text{ Final} - A \text{ Inicial}}{t2 - t1}$$

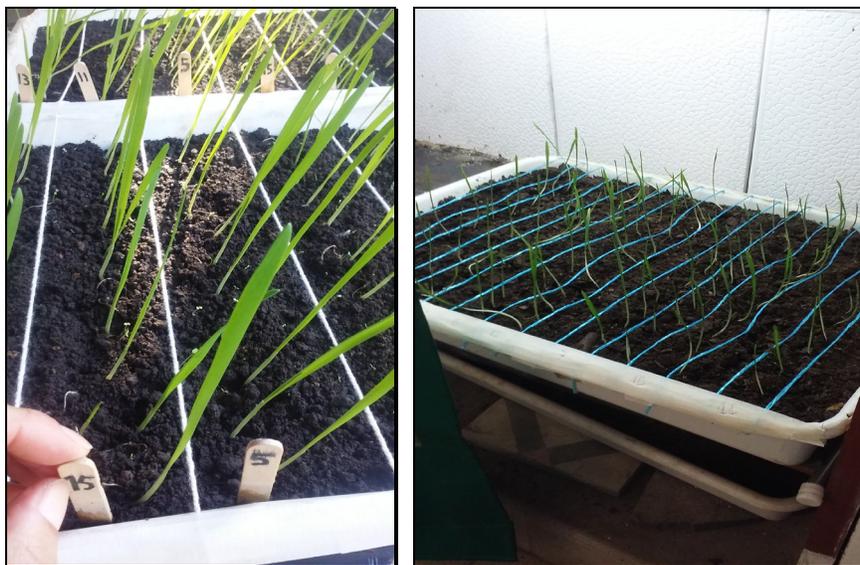
La medición inicial en T1 fue realizada minutos antes de aplicar los tratamientos. La medición final en T2 fue realizada a los 5 DPI para los genotipos de avena: N° 1, 2, 4, 10, 15 y 16. Para los genotipos N° 5, 11 y 13 el T2 fue a 6 DPI. Mientras que para los genotipos N° 3, 6, 7, 8, 12 y 14 fue a los 7 DPI.

2. El peso seco de la parte aérea de las plantas (**PSA**) se determinó usando una balanza de precisión (Mettler Toledo, sensibilidad 1 mg), expresado en gramos (g), luego de haber colocado cada una de las plantas en sobres individuales de papel y mantenido los materiales en estufa a 70° C hasta peso constante. Para este parámetro, se determinó el índice de **Incremento diario de peso seco aéreo (IPSA)** con medición en tiempo inicial (t1) y tiempo final (t2), de acuerdo a la siguiente ecuación:

**(IPSA)**= PSA Final – PSA Inicial/ t2-t1

La medición inicial en T1 fue realizada minutos antes de la infestación con los áfidos. La medición final en T2 fue realizada de acuerdo a lo explicado previamente.

Se utilizó un DCA donde la ubicación de los cultivares en la bandeja fue al azar, hubo 4 repeticiones (constituidas por plántulas individuales de similar estructura morfológica) para cada una de las variables medidas en los 15 cultivares, los datos se analizaron mediante análisis de varianza (ANOVA) usando el programa Statistica 7.1 y las medias de los distintos cultivares se compararon usando el test de Tukey.



**Figura Nº 9.** Detalle de las bandejas con los distintos genotipos de avena

## ➤ Resultados

### 1. Contenido de clorofila (SPAD)

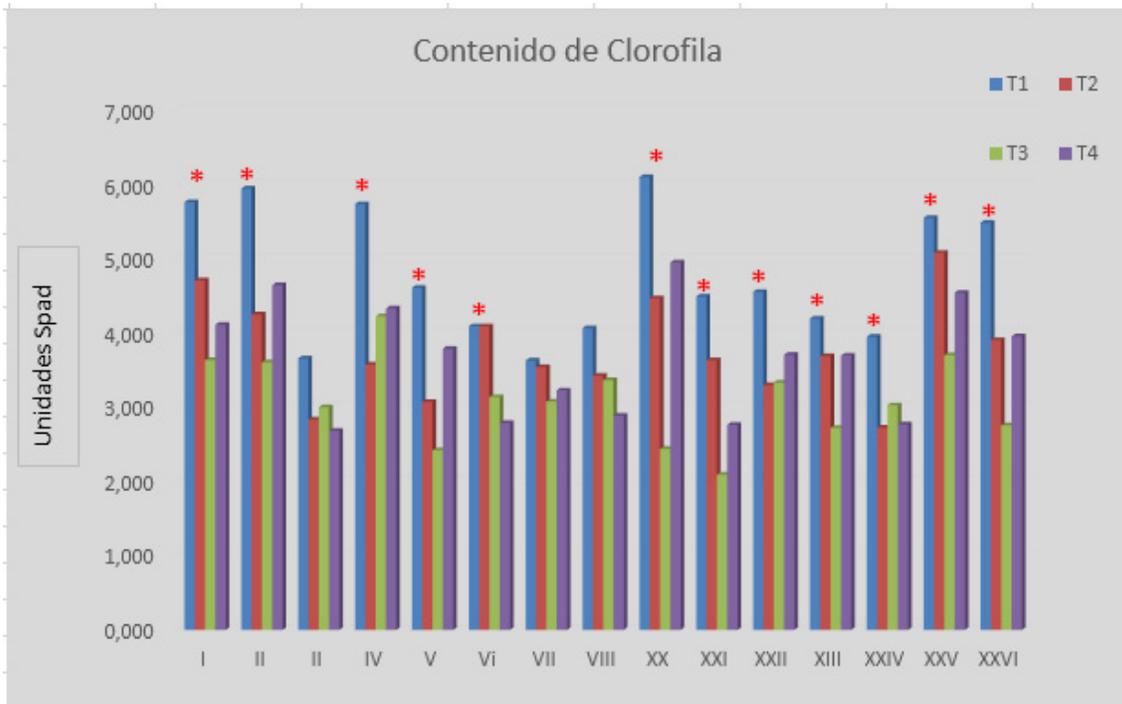
Se encontraron diferencias altamente significativas entre los cultivares, tratamientos y en la interacción cultivares x tratamientos (ver Tabla N°3 y Anexo N°1)

**Tabla N°3.** Análisis de la variación del contenido de clorofila medido en unidades SPAD en 15 cultivares de avena (CV) bajo los tratamientos T1, T2, T3 y T4.

	SS	g.l	MS	F	p
Cv	78,999	14	5,643	38,45	0,00
Tratamiento	88,996	3	29,665	202,14	0,00
Cv*Tratamiento	40,785	42	0,971	6,62	0,00
Error	26,417	180	0,147		

Los cultivares 3, 7 y 8 no tuvieron diferencias significativas entre los tratamientos. El tratamiento T1 de los cultivares 2, 4, 5, 10 y 16 presentó un contenido de clorofila significativamente mayor en relación a T2, T3 y T4. El tratamiento T1 en los cultivares 1 y 11, presentaron un contenido de clorofila significativamente mayor a T3 y T4. El tratamiento T1 de los cultivares 5 y 12, presentaron un contenido de clorofila significativamente mayor en relación a T2 y T3. Los testigos de los cultivares 13 y 15, presentaron un contenido de clorofila significativamente mayor solo a T3. El tratamiento testigo del cultivar 6 fue el único que presentó un contenido de clorofila significativamente mayor en relación solo a T4. Finalmente, el testigo del cultivar 14 mostró un contenido de clorofila significativamente mayor en relación a T2 y T4.

(Ver el Gráfico N° 3 y Anexo N°1).



**Gráfico Nº 3.** Valores promedio de la variación del contenido de clorofila medido en unidades SPAD en los 15 cultivares de avena, bajo los tratamientos T1, T2, T3 y T4. Cultivares de 1 al 16 representados por numeros romanos. (\*) Indican diferencias significativas entre los tratamientos según el test de Tukey (alfa = 0,05;  $P \geq 0,05$ ).

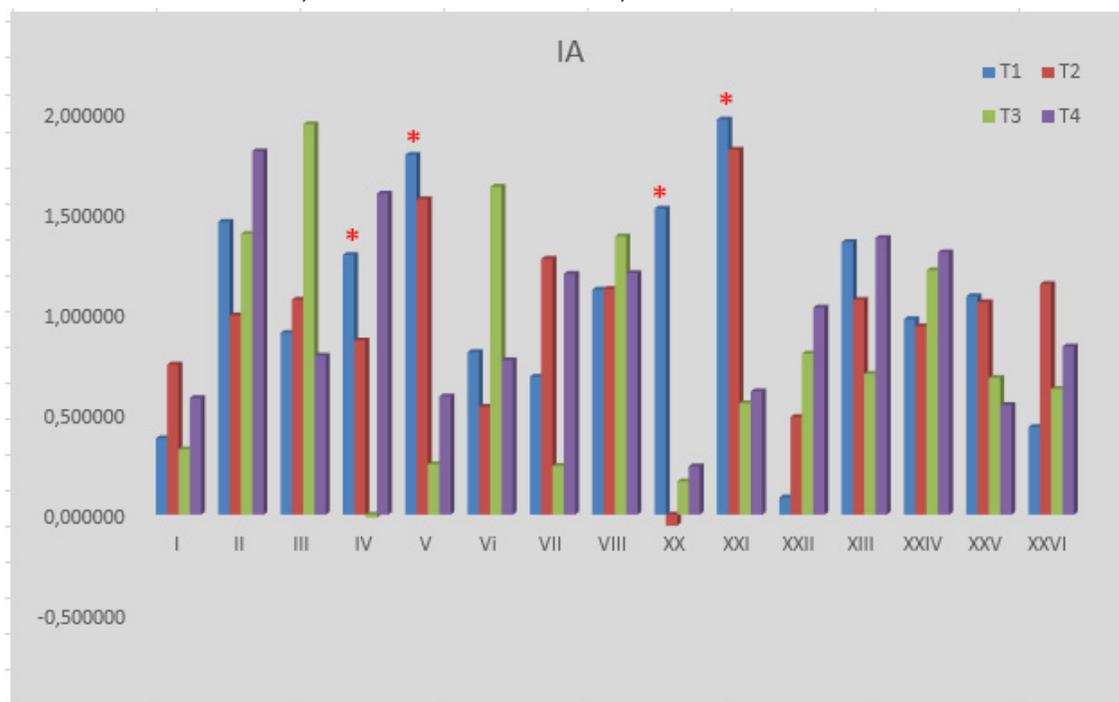
## 2. Índice de incremento diario de altura (IA)

Se encontraron diferencias altamente significativas entre los cultivares, tratamientos y la interacción cultivares x tratamientos (ver Tabla N°4)

Los cultivares 1, 2, 3, 6, 7, 8, 12, 13, 14, 15 y 16 no tuvieron diferencias significativas en el índice de incremento diario de altura entre T1 y los restantes tratamientos. Ningún cultivar aumentó el IA con R1 y R2. Solo cuatro cultivares mostraron una disminución significativa del IA de los demás tratamientos en relación a sus testigos (T1). En los cultivares 5, 10 y 11 el tratamiento T1 presentó un índice de AI significativamente mayor en relación a T2, T3 y T4. En el cultivar 4 el IA del T1 fue significativamente mayor a T4. (Ver el Gráfico N° 4 y Anexo N°2).

**Tabla Nº 4.** Análisis de la variación del índice de Incremento diario de altura (IA) en 15 cultivares de avena (CV) bajo los tratamientos T1, T2, T3 y T4.

	SS	g.l	MS	F	p
CV	17,3437	14	1,2388	7,174	0,000000
Tratamientos	2,2075	3	0,7358	4,261	0,006178
CV*Tratamientos	39,6098	42	0,9431	5,461	0,000000
Error	31,0838	180	0,1727		



**Gráfico Nº 4.** Valores promedio del índice de Incremento diario de altura (IA) en los 15 cultivares de avena, bajo los tratamientos T1, T2, T3 y T4. Cultivares de 1 al 16 representados por números romanos, falta el cultivar Nº 9. (\*) Indican diferencias significativas entre los tratamientos según el test de Tukey (alfa = 0,05;  $P \geq 0,05$ ).

### 3. Incremento diario de peso seco aéreo (IPSA)

Se encontraron diferencias altamente significativas entre los cultivares, tratamientos y la interacción cultivares x tratamientos (ver Tabla de Nº5).

Es interesante remarcar que ningún cultivar mostró diferencias significativas entre su T1 con sus propios T2, T3 y T4, es decir, que no perdieron la tolerancia bajo infestación con áfidos ni con la aspersion de R1 y R2, según este índice.

(ver Anexo N°3).

**Tabla N° 5.** Análisis de la variación del índice de Incremento diario de peso seco aéreo (IPSA) en 15 cultivares de avena (CV) bajo los tratamientos T1, T2, T3 y T4.

	SS	g.l	MS	F	p
CV	0,000035	14	0,000003	1,9413	0,024851
Tratamiento	0,000011	3	0,000004	2,8707	0,037819
CV*Tratamiento	0,000084	42	0,000002	1,5425	0,027926
Error	0,000233	180	0,000001		

# Discusión

---

Dado que es la primera vez que se usan estos compuestos en bioensayos con cereales y áfidos, los resultados observados en el cambio del nivel de antixenosis y en la tolerancia en todos los materiales estudiados resultan de interés, sin embargo es preciso continuar con los estudios y evaluar la capacidad de los compuestos i) como posible compuestos anti alimentario, ii) capacidad de modificar el ciclo de vida de los insectos, y también iii) la posibilidad de brindarle a las plantas sobreponerse al daño ocasionado por la alimentación de los áfidos.

Si bien estos compuestos orgánicos nunca fueron usados para controlar la infestación con áfidos, recientemente Haug y colaboradores (2019) evaluaron la actividad in vitro del cinamato de metilo frente a *Gloeophyllum sepiarium* (Wulf.: Fr.) P. Karst, un hongo causante de pudrición parda, estos autores encontraron que “este compuesto ejerció un efecto antifúngico, retrasando el crecimiento micelial y su velocidad, a partir de una concentración de 2.000 ppm, aunque ello fue dependiente de la temperatura de incubación” y también comentaron que son necesarios otros estudios para confirmar su potencial antifúngico en madera.

Existen numerosos estudios realizados sobre los mecanismos de defensas inducibles por AS, AJ, etileno (Et), y su participación en las respuestas defensivas de las plantas (Anfoka 2000; Foyer et al. 2015, Gorchach et al. 1996; Koornneef and Pieterse, 2008; Mithöfer y Boland 2012; Sahar Gholi-Tolouie et al. 2018; Santner et al. 2009). Autores como He-He Cao y colaboradores (2014) han demostrado que aspersiones exógenas con MeJA (metil jasmonato) y AS en plántulas de trigo var. Xinong 979, disuadieron el comportamiento alimentario del áfido *Sitobion avenae* (Fab.).

Si bien las concentraciones de AS usadas por los autores antes mencionados son distintas, las concentraciones para R1 y R2, precursores del AS usados en el presente trabajo están en consonancia con aquellas usadas en el AS por el grupo de la Dra. Castro (Castro et al. 2008; Caridad et al. 2017; Tocho 2010; 2012; Vicente et al. 2015), las cuales reportaron la activación de genes de defensa usando fitohormonas en cereales y en tomate. Por ejemplo, se encontró que cultivares comerciales de trigo asperjados con AS también indujeron antixenosis contra el pulgón negro *Sipha maydis* en trigo (Saldua 2013), de igual manera, Suazo Castro (2019) encontró antixenosis inducida contra la mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum*) en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*) elicidadas con AS, entre otras fitohormonas.

## **CONCLUSIONES**

---

De los resultados obtenidos podemos concluir que algunas variedades presentan una respuesta diferencial a la alimentación del áfido, sugiriéndose que algunos de los materiales presentaron el mecanismo de antixenosis inducida por los reactivos, principalmente R2, sin embargo, se sugiere continuar con las investigaciones en laboratorio y en condiciones naturales, con el fin de determinar la inducción de defensas y proponer una alternativa al control químico del áfido.

Por otro lado, los resultados encontrados en el ensayo de tolerancia constituyen un aporte interesante sobre el comportamiento sanitario de cultivares de avena. Los resultados del contenido de clorofila mostraron que tres cultivares no presentaron diferencias significativas entre los tratamientos, mientras que en el resto el tratamiento testigo fue significativamente mayor a T2, a T3 o a T4, dependiendo de la variedad. Esta situación

podría indicar que estos materiales pierden la tolerancia constitutiva bajo la aspersion con los reactivos R1 y R2.

Según el índice IA, once cultivares no presentaron diferencias significativas en **IA** del T1 y los restantes tratamientos. Ningún cultivar mejoró el IA con la aspersion de R1 y R2. Solo cuatro cultivares mostraron una disminucion significativa de este índice en relacion al testigo. En cuanto a IPSA, ningún cultivar tuvo diferencias significativas entre su tratamiento T1 con relacion a sus propios T2, T3 y T4, por lo que se sugiere que esos cultivares no perdieron la tolerancia bajo infestacion con el áfido ni con el asperjado con R1 y R2.

# BIBLIOGRAFÍA

---

- **Abdelgaleil S., Abbassy M., Belal A., Rasoul A. 2008.** Bioactivity of two major constituents isolated from essential oil of *Artemisia judaica* L. *BioresourceTechnol* 99 5947-5950
  
- **Amigone M. y Tomaso J.C. 2007.** Principales características de especies y cultivares de verdeos invernales. INTA EEA Marcos Juárez. 1 - 3 pp. Disponible:  
[https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta\\_caractersticas\\_de\\_especies\\_y\\_cultivares\\_de\\_verde.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_caractersticas_de_especies_y_cultivares_de_verde.pdf)
  
- **Anfoka G.H. 2000.** Benzo-(1,2,3)-thiadiazole-7-carbothioic acid S-methyl ester induces systemic resistance in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill. cv. Volledung) to cucumber mosaic virus. *Crop Prot.* 19, 401- 405.
  
- **Cao H., Wang S., Liu T. 2014.** Jasmonate- and salicylate-induced defenses in wheat affect host preference and probing behavior but not performance of the grain aphid, *Sitobion avenae*. *Insect Science.*21, 47–55.
  
- **Cardabajo H.L. 1998.**Avena: su evolución, estado actual y perspectivas. Disertación del Académico Correspondiente Ing. Agr. H.L. Carbajo. Academia Nacional de Agronomía y Veterinaria (ANAV). p. 13-36. ISSN: 0327-8093. Disponible en:  
[http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/30632/Documento\\_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/30632/Documento_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
  
- **Caridad A., Saldúa L., Castro A.M. 2017.** Identificación de defensas inducibles a áfidos en cebadas pre-comerciales. Jornada de Jóvenes Investigadores. Vol. 4 Núm. 2.
  
- **Castro A.M., Gimenez D.O., Tocho E., Tacaliti M.S., Barrgán M., Bottini R., Snape J. 2010.** Tolerance to Stress in Wheat. *The American Journal of Plant Science and Biotechnology.*Review. 4, 1, 70-78.

- **Castro A.M., Tacaliti M., Giménez D., Tocho E., Collado M., Vasicek A., Dobrovolskaya O., Snape J., Börner A. 2008.** Mapping Quantitative Trait Loci for growth responses to exogenously applied stress induced hormones in wheat. *Euphytica* 164: 719–727
- **Castro A.M., Vasicek A., Ramos S., Worland A., Suarez E., Muñoz M., Giménez D., Clua A. 1999.** Different types of resistance against greenbug, *Schizaphisgaminum*Rond., and the russian wheat aphid, *Diuraphisnoxia*Mordvilko, in wheat. *Plant Breeding* 118: 131-137.
- **Chen Z., Zheng Z., Huang J., Lai Z., Fan B. 2009.** Biosynthesis of salicylic acid in plants. *Plant Signaling & Behavior*. 4. 6: 493-496.
- **Clúa A., Castro A.M., Ramos S., Gimenez D.O., Vasicek A., Chidichimo H.O., Dixon A.F.G. 2004.** The biological characteristics and distribution of the greenbug, *Schizaphisgraminum*, and Russian wheat aphid, *Diuraphisnoxia* (Hemiptera: Aphididae), in Argentina and Chile. *Eur. J. Entomol.* 101: 193–198.
- **Cotrisa. 2019.**<https://www.cotrisa.cl/mercado/avena/internacional/detalle.php>. Última visita 27/6/2019
- **Dann E.K., Deverall B.J. 1995.** Effectiveness of systemic resistance in bean against foliar and soilborne pathogens as induced by biological and chemical means. *Plant Pathology* 44, 458±66.
- **D’Amelio C., Marzachi D., Bosco. 2010.** Activity of benzothiadiazole on chrysanthemum yellows phytoplasma (‘Candidatus Phytoplasma asteris’) infection in daisy plants. *Crop Protection* 29. 1094.-1099.
- **Dughetti A. 2012.** Pulgones clave para identificar las formas ápteras que atacan a los cereales. RIAN Red de Información Agropecuaria Nacional. Ediciones INTA. Pp 44.
- **Fogar M., Simonella M. A. 2010.** Revisión Bibliográfica y Recomendaciones para el Manejo de Pulgones en trigo. INTA Centro Regional Chaco Formosa Estación Experimental Agropecuaria

Sáenz Peña. Disponible en: <https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-pulgonestrigoago2010.pdf>

- **Foyer C., Verrall S., Hancock R. 2015.** Systematic analysis of phloem-feeding insect-induced transcriptional reprogramming in *Arabidopsis* highlights common features and reveals distinct responses to specialist and generalist insects. *Journal of Experimental Botany*, Vol. 66, No. 2 pp. 495–512.

- **Gholi-Tolouie S., Sokhandan-Bashir N., Davari M., Sedghi M. 2018.** The effect of salicylic and jasmonic acids on tomato physiology and tolerance to Cucumber mosaic virus (CMV). *Eur J Plant Pathol.* 151:101–116.

- **Görlach J., Volrath S., Knaufbeiter G., Hengy G., Beckhove U., Kogel K.H., Oostendorp M., Staub T., Ward E., Kessmann H., Ryals J. 1996.** Benzothiadiazole, a novel class of inducers of systemic acquired resistance, activates gene expression and disease resistance in wheat. *Plant Cell* 8, 629-643.

- **Haug E., Ruiz D., Raffaelli N., Saparrat M., Romanelli G. 2019.** Síntesis de cinamato de metilo, a través de un procedimiento de bajo impacto ambiental, y evaluación de su actividad antifúngica como potencial preservante de maderas. *Ciencia en Desarrollo.* Vol. 10. Nº 2. 209- 217.

- **Kin N., Byun S., Cho J., Chung K., Ahn Y. 2008.** Larvicidal activity of Kaempferia galanga rhizome phenylpropanoids towards three mosquito species. *Pest Manag. Sci* 64 (8) 857-862.

- **Koornneef A., Verhage A., Leon-Reyes A., Snetselaar R., Van Loon L.C., C. Pieterse M.J. 2008.** Towards a reporter system to identify regulators of cross-talk between salicylate and jasmonate signaling pathways in *Arabidopsis*. *Plant Signaling & Behavior* 3, 8: 543-546.

- **Lee E., Kin J., Choi D., Ahn Y. 2008.** Toxicity of Cassia and Cinnamon oil compounds and cinnamaldehyde-related compounds to *Sitophilus ozyzae* (Coleoptera: Curculionidae). *J. Econ. Entomol.* 101 (6) 1960-1966.

- **Liu H., Jiang W., Bi Y., Luo Y. 2005.** Postharvest BTH treatment induces resistance of peach (*Prunus persica* L. cv. Jiubao) fruit to infection by *Penicillium expansum* and enhances activity of fruit defense mechanisms. *Postharvest Biology and Technology* 35 263–269.
- **Matheron M. E., Porchas M. 2002.** Comparative Ability of Six Fungicides to Inhibit Development of *Phytophthora Gummosis* on Citrus. The American Phytopathological Society. *Plant Disease*. 687-690.
- **Mbouobda H.D., Djocgoue P.F., Omokolo N.D., Hadrami I.El, Boudjeko T. 2010.** Benzo-(1,2,3)-thiadiazole-7-carbothioic S-methyl ester (BTH) stimulates defense reactions in *Xanthosoma sagittifolium*. *Phytoparasitica* (2010) 38:71–79
- **Mithöfer A., Boland W. 2012.** Plant Defense against herbivores: Chemical Aspects. *Annual Review of Plant Biology*. 63: 431–50.
- **Painter R.H. 1951.** Insect resistance to crop plants. The Mc Millan Co., New York, 151 pp.
- **Rangel Sánchez G., Castro Mercado E., Beltran Peña E., Reyes DE LA Cruz H., García Pineda E. 2010.** El ácido salicílico y su participación en la resistencia a patógenos en plantas. *Biológicas*. Vol. 12. 2. 1-6 p.
- **Ribeiro A., Silva H., Abbate S. 2014.** Manejo de plagas en trigo y cebada. Ediciones universitarias, Universidad de la República. Uruguay. ISBN: 978-9974-0-1138-0.
- **Ruiz D.M. 2009.** Síntesis sustentable de fenilpropanoides: cinamatos de arilo, 4-fenilcumarinas, dihidrocumarinas y dihidroangelicinas. Tesis Doctoral, Universidad Nacional de La Plata.
- **Saldúa V.L., Castro A.M. 2011.** Expresión de la antibiosis y de la antixenosis contra el pulgón negro de los cereales (*Sipha maydis*) en cultivares comerciales de trigos. *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata*. Vol 110 (1): 1-11.

- **Saldúa V.L. 2013.** Estudios del comportamiento de *Sipha* (*Rungia*) *maydis* Passerini 1860 (Hemiptera: Aphidoidea) en relación con las estrategias de defensas de sus plantas hospedadoras. Tesis Doctoral. Fac Cs Naturales y Museo, UNLP.
- **Santner A., Calderon-Villalobos L.I.A., Mark E. 2009.** Plant hormones are versatile chemical regulators of plant growth. Review. Nature America, Inc. Nature chemical biology vol. 5 Nº 5.
- **Satorre E. H., Bench Arnold R. L., Slafer G. A., De La Fuente. E.B., Miralles J.D., Otegui M.E., Savin R. 2004.** Producción de Granos. Bases funcionales para su manejo. Editorial Facultad de Agronomía UBA. Pp783.
- **Squella N.F., Ormeño J. 2007.** La avena como cultivo forrajero. En: Técnicas de producción ovina para el secano mediterráneo de la sexta región Bibliotecas del INIA. Rayentue. Capítulo 2: 19-36.
- **Stat. Soft. Inc (2005) Statistica** (Data analysis software system) version 7.1. www. StatSoft.com.
- **Suazo Castro B.R. 2019.** Identificación de defensas inducibles a mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum*) en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*) elicitadas con fitohormonas. Tesis Maestría Protección vegetal. Fac Cs Agrarias y Forestales, UNLP.
- **Tacaliti M.S. 2017.** Caracterización fisiológico-molecular de genes que otorgan tolerancia a estrés en trigo (*Triticum aestivum*) mediante la aplicación de modernas técnicas de biología molecular'. Tesis Doctoral Facultad de Cs Agrarias y Ftiles. UNLP.
- **Tocho E., Marino A.M., Castro A.M. 2012.** b. Identificación de resistencia a *Schizaphis graminum* (Rondani) (Hemiptera: Aphididae) en cebada. Rev Soc. Entomol. Argentina 71: 1-10
- **Tocho E., Ricci M., Tacaliti M.S., Giménez D.O., Acevedo A., Lohwasser U., Börner A., Castro A.M. 2012.** a. Mapping resistance genes conferring tolerance to RWA (*Diuraphis noxia*) in barley (*Hordeum vulgare*) and identification of candidate genes by ESTs analysis. Euphytica 188: 239-251

- **Tocho E.F. 2010.** Tesis Doctoral: Identificación y caracterización de la resistencia a *Schizaphisgraminum* (Rondani) (Hemíptera: Aphididae) y a *Diuraphisnoxia* (Hemíptera: Aphididae) en cebada cervecera (*Hordeumvulgare*). Presentada en la Fac. Ciencias Naturales y Museo. UNLP.
- **Vicente A., Sartori A., Marro E., Saldúa V.L. 2015.** Datos preliminares de la evaluación del mecanismo de tolerancia en trigo a *Sipha maydis* mediante el uso de ácido jasmónico. Investigación Joven. Vol 2 (1).
- **Vlot A.C., Klessig D.F., Park S.W. 2008.** Systemic acquired resistance: the elusive signal(s). *Curr Opin Plant Biol.* 11(4):436-442.
- **Zhu L.C., Smith C.M., Fritz A., Boyko E.V., Flinn M.B. 2003.** Genetic analysis and molecular mapping of a wheat gene conferring tolerance to the greenbug (*Schizaphis graminum* Rondani). *Theoretical and Applied Genetics.* 109: 289–293.

## ANEXO 1

- Test de tukey de la variable contenido de clorofila medido en unidades SPAD para los 15 cultivares de avena entre todos los tratamientos. Letras iguales indican que no existen diferencias significativas entre tratamientos T1, T2, T3 y T4 ( $\alpha = 0,05$ ;  $P \geq 0,005$ ).

Cv	Tratamiento	Spad/dt Mean	
11	3	2,091667	a
5	3	2,420833	ab
10	3	2,440000	abc
3	4	2,682143	abcd
13	3	2,720833	abcde
14	2	2,725000	abcde
16	3	2,755000	abcde
11	4	2,762917	abcde
14	4	2,767857	abcde
6	4	2,785714	abcde
3	2	2,832143	abcdef
8	4	2,885714	abcdefg
3	3	3,000000	abcdefgh
14	3	3,025000	abcdefghi
5	2	3,070833	abcdefghi
7	3	3,075000	abcdefghi
6	3	3,135714	abcdefghij
7	4	3,225000	bcdefghijk
12	2	3,296429	bcdefghijkl
12	3	3,332143	bcdefghijkl
8	3	3,364286	bcdefghijkl
8	2	3,425000	bcdefghijklm
7	2	3,539286	cdefghijklmn
4	2	3,575000	defghijklmn
2	3	3,605000	defghijklmn
7	1	3,628571	defghijklmn
11	2	3,633333	defghijklmn
1	3	3,635000	defghijklmn
3	1	3,657143	defghijklmn
13	2	3,687500	defghijklmn

13	4	3,695833	defghijllmnño
15	3	3,700000	defghijllmnño
12	4	3,707143	defghijllmnño
5	4	3,787500	efghijklmnño
16	2	3,905000	fghijklmnño
14	1	3,950000	ghijklmnño
16	4	3,955000	ghijklmnño
8	1	4,064286	hijklmnño
6	1	4,089286	hijklmnño
6	2	4,089286	hijklmnño
1	4	4,110000	ijklmnño
13	1	4,191667	ijklmnño
4	3	4,225000	ijklmnño
2	2	4,250000	klmnño
4	4	4,330000	llmnño
10	2	4,465000	llmnño
11	1	4,491667	mnño
15	4	4,540000	nño
12	1	4,553571	nño
5	1	4,608333	nño
2	4	4,645000	ño
1	2	4,710000	opqrst
10	4	4,950000	pqrstu
15	2	5,080000	qrstuv
16	1	5,485000	rstuv
15	1	5,550000	rstuv
4	1	5,735000	stuv
1	1	5,760000	tuv
2	1	5,945000	uv
10	1	6,100000	v

## ANEXO 2

Test de tukey de la variable Índice de incremento diario de altura (**IA**) para los 15 cultivares de avena entre todos los tratamientos T1, T2, T3 y T4. Letras iguales indican que no existen diferencias significativas entre tratamientos ( $\alpha = 0,05$ ;  $P \geq 0,005$ ).

CV	Tratamientos	IA	
10	2	-0,055000	a
4	3	-0,015000	ab
12	1	0,085357	abc
10	3	0,165000	abcd
10	4	0,240000	abcde
7	3	0,242500	abcde
5	3	0,250000	abcde
1	3	0,325000	abcdef
1	1	0,379500	abcdefg
16	1	0,435000	abcdefgh
12	2	0,485357	abcdefgh
6	2	0,535714	abcdefgh
15	4	0,545000	abcdefgh
11	3	0,554167	abcdefgh
1	4	0,580000	abcdefgh
5	4	0,587500	abcdefgh
11	4	0,612500	abcdefghi
16	3	0,625000	abcdefghij
15	3	0,680000	abcdefghij
7	1	0,685357	abcdefghij
13	3	0,700000	abcdefghij
1	2	0,745000	abcdefghijk
6	4	0,767857	abcdefghijkl
3	4	0,789286	abcdefghijkl
12	3	0,799643	abcdefghijkl
6	1	0,807143	abcdefghijkl
16	4	0,835000	abcdefghijkl
4	2	0,865000	abcdefghijkl
3	1	0,903571	abcdefghijkl
14	2	0,935357	abcdefghijkl

14	1	0,971071	abcdefghijkl
2	2	0,990000	abcdefghijkl
12	4	1,028214	abcdefghijkl
15	2	1,055000	abcdefghijkl
13	2	1,066667	abcdefghijkl
3	2	1,067857	abcdefghijkl
15	1	1,085000	abcdefghijkl
8	1	1,117500	abcdefghijkl
8	2	1,121071	abcdefghijkl
16	2	1,145000	bcdefghijkl
7	4	1,196071	cdefghijkl
8	4	1,199643	cdefghijkl
14	3	1,213929	cdefghijkl
7	2	1,271071	cdefghijkl
4	1	1,290000	defghijkl
14	4	1,303214	defghijkl
13	1	1,354167	defghijkl
13	4	1,375000	efghijkl
8	3	1,381786	efghijkl
2	3	1,395000	efghijkl
2	1	1,455000	fghijkl
10	1	1,520000	fghijkl
5	2	1,566667	ghijkl
4	4	1,595000	hijkl
6	3	1,628571	hijkl
5	1	1,787500	ijkl
2	4	1,805000	ijkl
11	2	1,812500	jlk
3	3	1,939286	kl
11	1	1,962500	l

### ANEXO 3

Test de tukey de la variable Incremento diario de peso seco aéreo (IPSA) para los 15 cultivares de avena entre todos los tratamientos T1, T2, T3 y T4. Letras iguales indican que no existen diferencias significativas entre tratamientos ( $\alpha = 0,05$ ;  $P \geq 0,005$ ).

CV	Tratamiento	IPSA	
12	2	-0,000357	A
10	4	-0,000350	A
12	1	-0,000321	A
8	1	-0,000286	A
4	3	-0,000150	Ab
16	3	-0,000100	Ab
8	3	-0,000071	Ab
5	3	-0,000042	Ab
8	4	0,000000	Ab
16	2	0,000000	Ab
12	3	0,000000	Ab
5	4	0,000042	Ab
6	2	0,000071	Ab
3	4	0,000143	Ab
2	2	0,000150	Ab
11	4	0,000167	Ab
1	3	0,000200	Ab
13	3	0,000250	Ab
7	2	0,000286	Ab
7	3	0,000286	Ab
16	4	0,000300	Ab
10	3	0,000400	Ab
10	2	0,000450	Ab
7	1	0,000464	Ab
14	2	0,000536	Ab
13	2	0,000542	Ab
6	4	0,000571	Ab
3	1	0,000571	Ab
1	4	0,000600	Ab
2	3	0,000650	Ab

13	4	0,000667	Ab
14	4	0,000679	Ab
15	4	0,000750	Ab
12	4	0,000786	Ab
4	2	0,000800	Ab
11	2	0,000833	Ab
3	2	0,000857	Ab
14	1	0,000893	ab
4	4	0,000900	ab
15	3	0,000900	ab
6	1	0,000929	ab
8	2	0,000964	ab
16	1	0,001000	ab
5	2	0,001000	ab
14	3	0,001143	ab
7	4	0,001179	ab
13	1	0,001292	ab
1	1	0,001300	ab
1	2	0,001350	ab
6	3	0,001393	ab
4	1	0,001500	ab
15	1	0,001550	ab
11	1	0,001667	ab
2	4	0,001700	ab
2	1	0,001900	ab
5	1	0,002000	ab
3	3	0,002000	ab
10	1	0,002150	ab
15	2	0,002400	ab
11	3	0,003125	b