



FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y FORESTALES

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA

Variación de los parámetros de crecimiento en avena por efecto de *Schizaphis graminum*, pulgón verde de los cereales.

Modalidad: Trabajo de Investigación
Área Temática: Sanidad Vegetal

Postulante: Alfonso RIZZOLI
Leg:25473/7
mail: rizzolialfonso@gmail.com

Director: Ing. Agr. Esp. Alejandro R. MORENO KIERNAN
Curso Zoología Agrícola FCAyF
Codirectora: Dra. Érica F. TOCHO
Curso Genética FCAyF

La Plata, Argentina

-2023-

ÍNDICE

RESUMEN	2
INTRODUCCIÓN	3
Cereales de invierno. Cultivo de avena.	3
Los áfidos. Características generales	5
Schizaphis graminum, pulgón verde de los cereales.	6
Manejo integrado de plagas.	7
Mejoramiento genético en avena.	8
OBJETIVO GENERAL	10
Objetivos específicos	10
MATERIALES Y MÉTODOS	11
Material vegetal de Avena sativa.	11
Lugar de realización	11
Test de germinación	12
Ensayo de resistencia por tolerancia	13
Obtención de diferenciales	17
Análisis estadísticos	17
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	17
Ensayo de germinación	17
Ensayo de tolerancia	18
CONCLUSIONES	29
BIBLIOGRAFÍA	30

RESUMEN

Los pulgones (Hemiptera: Aphididae) son insectos considerados plagas primarias desde el punto de vista agronómico, por las pérdidas económicas generadas en diversos cultivos. *Schizaphis graminum* (Rondani) se alimenta de savia elaborada de las plantas y durante este proceso inyecta enzimas tóxicas que producen clorosis y necrosis. Este áfido es uno de los principales succionadores de savia del cultivo de avena. En la interacción planta-insecto, los mecanismos de resistencia desarrollados por las plantas son la antixenosis, antibiosis y tolerancia. La tolerancia es la capacidad de las plantas de superar el ataque de una plaga sin pérdida significativa de la calidad y cantidad de su producción. Se evaluó la tolerancia en diferentes cultivares de avena mediante la evaluación de parámetros de crecimiento (diferencial de altura ΔA , peso ΔP y contenido de clorofila ΔS) de las plantas infestadas con áfidos, en comparación con plantas controles (sin infestación), encontrándose que todos los genotipos mostraron diferencias entre el tratamiento y su correspondiente testigo. Los genotipos Lucia, Paloma, Bu 156_11 x Juana INTA, Bu 351_14 y Marita se comportaron como tolerantes o moderadamente resistentes, con valores de ΔA , ΔP y ΔS por debajo de la media por lo que se concluye que tuvieron el mejor desempeño. La identificación de genotipos que toleran mejor el ataque del pulgón o son menos seleccionados para colonizar, adquieren fundamental importancia en los programas de mejoramiento varietal de avena.

INTRODUCCIÓN

Cereales de invierno. Cultivo de avena.

La avena (*Avena* spp.) es originaria de Asia central, aunque la historia de su cultivo es más bien desconocida. Parece confirmarse que este cereal no llegó a tener importancia en épocas tan tempranas como el trigo o la cebada debido a que, antes de ser cultivada, fue considerada como una mala hierba de estos. En este sentido, entre los primeros restos arqueológicos que se hallaron en Egipto, no existen evidencias de que fuesen cultivadas. Por otra parte, los restos cultivados de avena más antiguos se localizan en Europa central y datan de la edad de bronce (García, 2007).

La avena es una planta herbácea anual, perteneciente a la familia de las gramíneas (Poaceae). Es autógama, con un grado de alogamia que rara vez excede el 0,5%. La mayoría de las avenas cultivadas son haploides, siendo la especie *Avena sativa* la más importante, seguida de la *Avena byzantina* y, en menor medida, *Avena nuda* (Leggett y Thomas, 1995).

Productividad y comercialización

De acuerdo con el grado de importancia de los cereales, la avena se encuentra en el sexto lugar, le proceden el trigo (*Triticum* spp), maíz (*Zea mays*), arroz (*Oryza sativa*), cebada (*Hordeum vulgare*) y sorgo (*Sorghum* spp).

Por otro lado, la producción mundial de avena es de 25.181.805 Tn, con un rendimiento promedio de 2500 kg.ha⁻¹ y un área sembrada de 9.772.003 ha. (FAO 2020). Los principales países productores del mundo son la Unión Europea, Canadá y Rusia. Por su parte, Argentina se encuentra octavo en el ranking, con una producción 506000 Tn para el 2020/21, un rendimiento promedio de 2095 kg.ha⁻¹ en un área sembrada de 1.400.000 ha, de las cuales 242.000 ha se destinaron a cosecha. Las principales provincias productoras son Buenos Aires le siguen en importancia La Pampa y Córdoba (MAGyP 2020) (Figura 1).

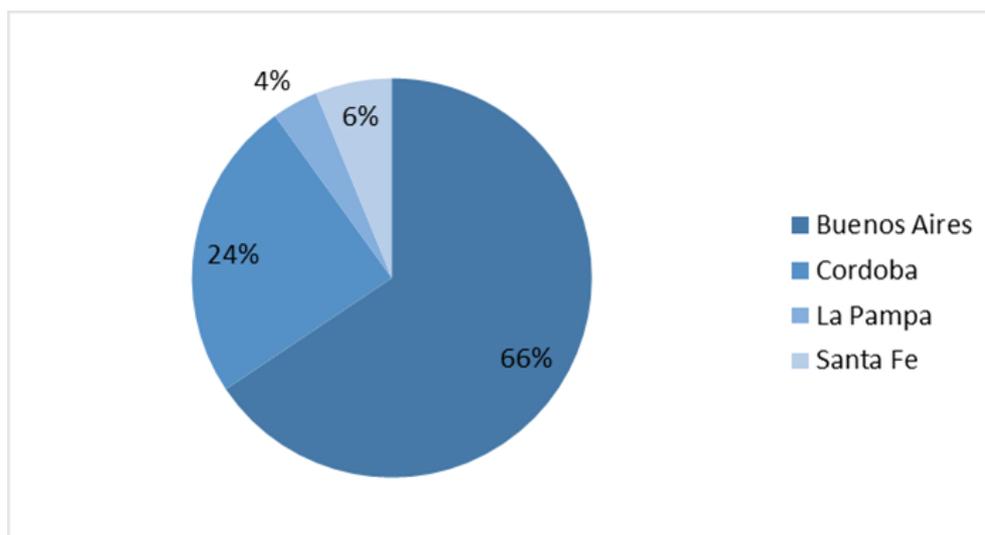


Figura 1. Productividad porcentual del cultivo de avena por provincia Campaña 2020/2021.

Fuente: MAGyP 2020.

Usos y Propiedades

El principal uso de este cereal de invierno es el pastoreo directo, aunque también se lo puede utilizar como reserva, ya sea como silaje, fardos o rollos. El grano es de alto contenido de fibra, también de proteína, aceites y vitaminas del complejo B, siendo empleado como suplemento para el ganado y, en alimentación humana, se lo emplea para elaborar alimentos (avena arrollada, harina avena, galletitas, cereales de desayuno, etc).

Podemos encontrar cultivares que se adaptan al uso forrajero e industrial (doble propósito) o de grano de calidad industrial (Wehrhahne, 2008).

Enfermedades y Plagas

Como primera aproximación, es conveniente referir que la avena es afectada por numerosos agentes bióticos. En este sentido, las enfermedades más importantes son: la roya de la hoja (*Puccinia coronata* f s. *pavenae*), el oídio (*Blumeria graminis* f sp *avenae*) y el carbón desnudo (*Ustilago avenae*) y, por su parte, las plagas de importancia son: los ácaros (*Tarsonemus spirifex*), gorgojos (*Tychius* sp.) y el pulgón verde de los cereales (*Schizaphis graminum*).

Los áfidos. Características generales

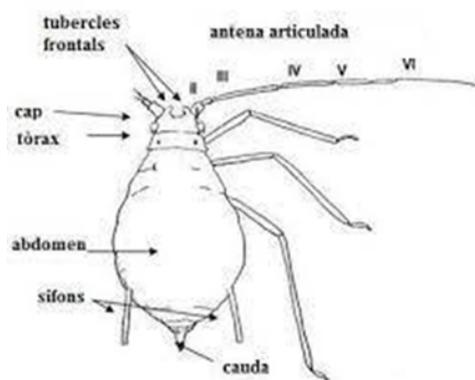
Los pulgones son insectos que pertenecen al orden Hemiptera, familia Aphididae. Entre ellos, podemos encontrar afectando a la avena a *Schizaphis graminum* (pulgón verde de los cereales), *Metopolophium dirhodum* (pulgón amarillo de los cereales), *Sitobium avenae* (pulgón de la espiga) y *Rhopalosiphum padi* (pulgón de la avena), entre otros.

Características de los áfidos

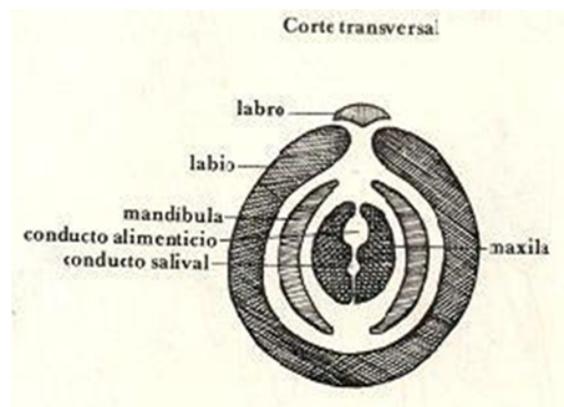
Son insectos de tamaño reducido y cuerpo globoso. En las especies aladas la cabeza está bien desarrollada y separada del tórax, mientras que en los ápteros ambas regiones se encuentran fusionadas casi como una sola unidad. Las antenas presentan entre tres y seis antenitos y un par de ojos compuestos (Figura 2.A).

Presentan aparato bucal de tipo picador-suctor, formado por cuatro cerdas bucales, dos mandíbulas y dos maxilas a manera de estiletes. Sobre la cara interna de la maxila corren dos canales longitudinales: uno dorsal, por el cual asciende la savia que succiona del vegetal y, otro ventral, por el que circula la saliva, que penetra en ellos (Figura 2.B).

Las formas aladas poseen dos pares de alas membranosas transparentes. Entre el 5° y 6° urómero, están ubicados -generalmente- los sifones o cornículos, por las que excretan sustancias volátiles llamadas feromonas (Urretabizkaya, 2020).



A)



B)

Figura 2. A) Partes del cuerpo de un pulgón. Fuente: INRA Encyclop'Aphid. B) Corte transversal de aparato picador-suctor. Fuente: Etcheverry y Herrera.

Importancia para los cereales de invierno

Los áfidos poseen el hábito de succionar los jugos vegetales en cantidades elevadas de los que filtran los sólidos y eliminan el exceso de líquidos en forma de “melado”.

Además del daño directo provocado por el estilete, poseen saliva tóxica que incorporan a los tejidos vegetales durante la alimentación, generando distintas alteraciones, como manchas locales, clorosis, marchitamiento, deformación de hojas y defoliación, entre otras.

Por otro lado, son importantes transmisores de virus, habiéndose señalado alrededor de 20 especies como vectores de enfermedades virósicas, por ejemplo, en el cultivo de trigo se mencionan varios pulgones como transmisores del enanismo amarillo de los cereales.

En condiciones favorables presentan reproducción partenogenética, por lo tanto, son hembras que paren hembras vivíparas y esta característica hace que su potencial biótico sea muy alto, dando lugar a colonias numerosas (Urretabizkaya, 2020).

***Schizaphis graminum*, pulgón verde de los cereales.**

Este pulgón comienza su ataque desde la emergencia de la plántula hasta el momento de encañazón. Un síntoma característico del ataque de este áfido, es la clorosis en las hojas que, en ataques severos, puede provocar que la planta se seque completamente hasta la muerte de la misma por efecto de la saliva tóxica.

La hembra áptera es de color verde claro, pequeña, con una banda verde oscura al dorso del cuerpo, mide 2 mm y tienen forma oval alargada (Urretabizkaya, 2020). Las antenas son oscuras, cortas y no llegan a la altura de los sifones, pero superan la mitad del cuerpo. Los sifones se encuentran bien desarrollados, son más pálidos que el cuerpo y sus ápices son de color negro. La cauda es del color general del cuerpo (Dughett, 2012).

Las infestaciones del otoño son las más peligrosas, dado que las colonias que se inician en las avenas de pastoreo incrementan su población y alcanzan

poblaciones elevadas que, cuando llegan al trigo, cuya siembra es posterior, afectan en poco tiempo (Urretabizkaya, 2020).

Manejo integrado de plagas.

El criterio del Manejo Integrado de Plagas (MIP) aparece por primera vez con los entomólogos, cuando los insecticidas se comenzaron a usar en gran escala. El manejo integrado aspiraba a optimizar la combinación de controles químicos y biológicos para una plaga específica. El uso de insecticidas químicos debe ser compatible con otros métodos de control como es el control biológico o el control genético en el marco del MIP (Arora et al, 2017; Dubrovsky et al., 2017).

El conocimiento de la biología y el potencial de crecimiento de una población de insectos, son cruciales para el estudio de su dinámica y para establecer prácticas de manejo acorde con métodos ecológicos que aspiren a reducir o eliminar el uso de plaguicidas y minimizar el impacto al medio ambiente (Romero 2004).

El mejoramiento genético mediante la obtención de variedades resistentes para el control de plagas es la estrategia más efectiva, no contaminante y amigable con el medioambiente. La expresión de la resistencia en la interacción planta-insecto fue definida por Painter (1951) quien la clasificó en tres categorías: antixenosis, antibiosis y tolerancia.

En términos agronómicos, podríamos definir resistencia varietal como la habilidad inherente de un cultivar para restringir, retardar o sobreponerse a un organismo plaga. Desde el punto de vista productivo, el uso de cultivares resistentes representa una de las herramientas más simples y sustentables contra la herbivoría. El manejo de este áfido es posible mediante el logro de variedades con resistencia genética que disminuyen notablemente las pérdidas de producción y resulta compatible con otras estrategias de control biológico, cultural e incluso químico (Almaráz 2012).

La antixenosis o no preferencia se manifiesta cuando una planta es menos seleccionada o elegida por una plaga para su alimentación, reproducción o protección que otras plantas. La antibiosis se observa cuando una planta modifica la biología del insecto que se alimenta de ella y afecta directa o indirectamente el potencial de reproducción. Finalmente, la tolerancia es la capacidad de las plantas

de superar el ataque de una plaga sin que tenga una pérdida significativa de la calidad y cantidad de su producción (Painter, 1951).

En Argentina las fuentes de resistencia a *S. graminum* fueron evaluadas en diferentes cereales tales como en trigo (La Rossa et al., 2014) y en cebada (Tocho et al, 2012, 2013, 2019). Sin embargo, en avena, no hay estudios recientes que evalúan la presencia de tolerancia al pulgón verde de los cereales.

Mejoramiento genético en avena.

En Argentina, los programas de mejoramiento genético de avena están a cargo del INTA Bordenave, la Chacra Experimental Barrow y la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de La Plata.

La metodología tradicional, llevada a cabo dentro del programa de mejoramiento de cereales menores del INTA Bordenave, comienza con la generación de variabilidad genética. A través de cruzamiento dirigido entre padres selectos y caracterizados, dan origen a plantas F1, las cuales continúan su ciclo material de cría F2 a F6 mediante los métodos masal modificado, genealógico y método de descendiente de semilla única, según las características y objetivos de la población (Conti, 2014).

El esquema básico del programa comprende las etapas de: ensayos preliminares, especiales, regionales y redes a nivel nacional.

Todos los programas de mejoramiento tienen tres objetivos fundamentales hacia los que se dirige la búsqueda de materiales superiores que radican en mejorar la calidad, la sanidad y el rendimiento.

En generaciones tempranas, la detección se basa en características cuali-cuantitativas de fácil observación y rasgos de aptitudes agronómicas, como producción de forraje, rendimiento de grano, respuesta al vuelco, porte, ciclo de crecimiento y comportamiento sanitario general (Conti, 2014).

A medida que va avanzando en las filiales el número de material se va reduciendo y la cantidad de semillas de cada uno se va incrementando, con lo cual es posible hacer evaluaciones, como caracteres de calidad comercial e industrial de grano y calidad de forraje.

Además, se continúa con las mediciones de las características antes mencionadas para filiales tempranas, pero se aumenta el detalle de las observaciones (fenología completa, sanidad discriminada por tipo y raza del

patógeno) y la precisión de los datos (mayor número de repeticiones y mayor tamaño de muestra) (Conti, 2014).

En las últimas etapas de evaluación, en ensayos comparativos de rendimiento se realizan análisis de adaptabilidad y estabilidad mediante el estudio de la interacción genotipo-ambiente. Las líneas que superan todas las instancias de selección y poseen un comportamiento destacado en las redes de ensayo son inscriptas como cultivares, incrementando la cantidad de semillas pura y procurando mantener núcleos de pureza de la nueva variedad (Conti, 2014).

En 1978, comenzaron los principales mejoramientos genéticos con la participación de las Estaciones Experimentales Bordenave y Barrow en el programa Internacional Cooperativo de Quaker Oat. A través de la vinculación tecnológica, de la cual también participó Uruguay y Brasil, se puso el acento en el alto potencial de rendimiento, en la estabilidad de la producción, como así también en la sanidad vegetal.

En lo que se refiere a cuestiones sanitarias, se enfatiza en la roya de la hoja provocada por *Puccinia coronata*, una enfermedad foliar que afecta tanto la calidad de la avena como forraje o grano disminuyendo su rendimiento (Campos 2008). Este hongo se caracteriza por su alta tasa de mutación en periodos cortos que rompe o quiebra la resistencia conseguida en las variedades a través del mejoramiento. En cuanto a los insectos y la resistencia al pulgón verde de los cereales *Schizaphis graminum* ocurre algo similar, pero no hay variedades con resistencia a esta plaga (Tomaso, 2008).

En este sentido, la principal característica de los cultivares del INTA Bordenave, es la resistencia a la roya de la hoja *Puccinia coronata*. En palabras de Campos, 2008 “*La resistencia genética es la principal medida de manejo de esta enfermedad. La base de la resistencia de los cultivares difundidos es aportada básicamente por genes de resistencia vertical o de plántula*”.

Actualmente las diferentes variedades comerciales se clasifican según su ciclo de duración, resistencia a roya, tolerancia al frío y productividad potencial siendo la resistencia a áfidos un parámetro poco establecido (Tabla 1).

Tabla 1. Características sanitarias y productivas de las principales variedades comerciales de avena en Argentina. Fuente: Moreira 2020

Cultivar	Ciclo	Tolerancia a roya	Tolerancia al frío	Productividad Potencial
Fu15	Corto	Muy bueno	Media a Baja	4000-4500 kgMs/ha
Bon. Aiken	Intermedio-Corto	Susceptible	Media a Alta	6000-8000 kgMs/ha
Julieta INTA	Intermedio	Intermedio	Media a Alta	6000-8000 kgMs/ha
Bon. Calen	Intermedio-Corto	Susceptible	Media a Alta	6000-8000 kgMs/ha
Bon. Mana	Intermedio	Intermedio	Media a Alta	6000-8000 kgMs/ha
Bon. Sureño	Intermedio	Intermedio	Media a Alta	6000-8000 kgMs/ha
Cristal INTA	Intermedio-Corto	Intermedio	Media a Alta	6000-8000 kgMs/ha
Florencia INTA	Intermedio	Intermedio	Media a Alta	6000-8000 kgMs/ha
Lucia INTA	Intermedio	Intermedio	Media a Alta	6000-8000 kgMs/ha
Carlota INTA	Intermedio-Largo	Intermedio	Media a Alta	6000-8000 kgMs/ha
Marita INTA	Intermedio	Intermedio	Media a Alta	6000-8000 kgMs/ha
Elizabeth INTA	Largo	Susceptible	Alta	8500-10500 kgMs/ha
Paloma INTA	Largo	Susceptible	Alta	8500-10500 kgMs/ha
Juana INTA	Largo	Intermedio	Alta	8500-10500 kgMs/ha

Se propone la siguiente **HIPÓTESIS** de trabajo:

Existen diferencias entre cultivares de *Avena sativa*, para los parámetros de crecimiento, debido a los mecanismos de tolerancia frente al ataque del pulgón verde de los cereales.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar la tolerancia de distintos cultivares de avena afectadas por *Schizaphis graminum*, pulgón verde de los cereales.

Objetivos específicos

- Construir y utilizar una escala de daño específica para la evaluación del daño provocado por el insecto.
- Evaluar la altura y el peso seco de las líneas ensayadas.
- Medir las diferencias de clorosis en los genotipos probados.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal de *Avena sativa*.

Para los ensayos realizados en este estudio se utilizaron 20 cultivares de avena, proporcionados por el grupo de mejoramiento del INTA Bordenave, provincia de Buenos Aires, de los cuales algunos son de uso comercial y otros son materiales genéticos en desarrollo (Tabla 2).

Tabla 2. Lista de genotipos con su numeración de trazabilidad

Genotipos	Número
Bon Aiken	1
Paloma	2
Florencia test	3
Carlota	4
Bu 351_14	5
Fu 15	6
Bon Inta Cale	7
Cristal	8
Lucia	9
Elizabeth	10
Juana	11
Bu 554_13	12
Bon Sureno	13
Marita	14
Julieta	15
Bon Inta Mana	16
Bu 496_4	17
Bu 156_11	18
Bu 156_11 x Leggett	19
Bu 156_11x Juana Inta	20

Lugar de realización

Los ensayos se realizaron en el laboratorio, en la cámara de cría y en el invernáculo experimental del Curso de Zoología Agrícola, Centro de Investigación en Sanidad Vegetal, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP, calle 60 s/n, (1900), La Plata, Buenos Aires, Argentina. Las muestras se pesaron en estufa en el Instituto de Fisiología Vegetal (INFIVE) perteneciente a la misma institución.

Test de germinación

A fin de evaluar la capacidad germinativa de las semillas se realizó el test de germinación siguiendo una adaptación de la metodología de la Asociación Internacional de Ensayo de Semillas (ISTA 25016). Para ello, se sembraron semillas de cada genotipo en cajas de Petri sobre papel blanco humedecido, llevadas a cámara con condiciones controladas de temperatura entre 12 a 16 °C . Se realizaron dos conteos, el primero a los cinco días y el segundo a los diez días siguiendo las categorías descritas a continuación.

A partir del conteo de las semillas se calculó el porcentaje de germinación según la siguiente fórmula:

$$\textit{Porcentaje de germinación} = \frac{\textit{Número de semillas normales} \times 100}{\textit{Número de semillas puestas a germinar}}$$

A los fines de determinar la viabilidad de la germinación se indica la siguiente clasificación:

- Plántulas normales: son las que muestran la potencialidad de desarrollo continuo en condiciones de buena calidad de tierra, condiciones favorables de humedad, temperaturas y luz (ISTA 2016).
- Plántulas intactas: “Plántulas con todas sus estructuras esenciales bien desarrolladas, completas, en proporción y buena salud.” (ISTA 2016).
- Plántulas con defectos leves: “Plántulas que muestran algunos defectos leves de sus estructuras esenciales” (ISTA 2016).
- Plántulas con infecciones secundarias: Plántulas que han sido afectadas por hongos o bacterias de fuentes distintas a la de la semilla madre (ISTA 2016).

Obtención y multiplicación de *S. graminum*:

Para la realización de los ensayos presentados en este trabajo final, se utilizó una población de pulgón verde de los cereales recolectados en gramíneas cultivadas en la Estación Experimental del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) Bordenave (provincia de Buenos Aires). Se realizó la cría masiva de los

insectos sobre plantas de trigo o cebada susceptibles en condiciones de laboratorio, con temperatura constante a $15\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$, humedad relativa del 60-70% y con un régimen de iluminación de 14:10 horas de fotofase-escotofase, en la cámara de cría climatizada del curso Zoología Agrícola, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Se usaron macetas plásticas con tierra estéril y se agregó una cubierta protectora que evite la fuga, dispersión y el parasitoidismo de los insectos (Figura 3). Los riegos se realizaron con agua corriente con una frecuencia de 1 ó 2 veces semanales, según la necesidad.



Figura 3. Mantenimiento de población de pulgón verde de los cereales sobre trigo. A la izquierda, plantas cloróticas, a la derecha planta de reposición sin daño. Fuente: Moreno-Rizzoli.

Ensayo de resistencia por tolerancia

La tolerancia al pulgón verde de los cereales se evaluó a través de la medición de diferentes parámetros de crecimiento de las plantas siguiendo el método de Flinn et al. (2001).

Las semillas de todos los cultivares se sembraron en macetas plásticas de 8 cm de diámetro y 10 cm de altura con 10 repeticiones por genotipo. Al estado de segunda hoja expandida, dos plantas de un mismo genotipo fueron dispuestas en parejas según similar altura y crecimiento. Una de ellas se infestó con 5 pulgones adultos colocados en la base del tallo con un pincel de cerdas finas (planta infestada con pulgón P) y la otra planta permaneció sin infestación como testigo (planta testigo T), manteniéndose en macetas separadas y con la correspondiente trazabilidad. Las plantas fueron cubiertas con un capuchón de plástico con ventilación superior y se mantuvieron en condiciones controladas de temperatura

de 15 °C +/- 3 °C , humedad relativa del 60-70% y régimen de iluminación de 14:10 hs de fotofase-escotofase (Figura 4. A, B).

A los 15 días se dio por finalizado el ensayo y se procedió a la medición de los parámetros a evaluar (Figura 5. A, B).

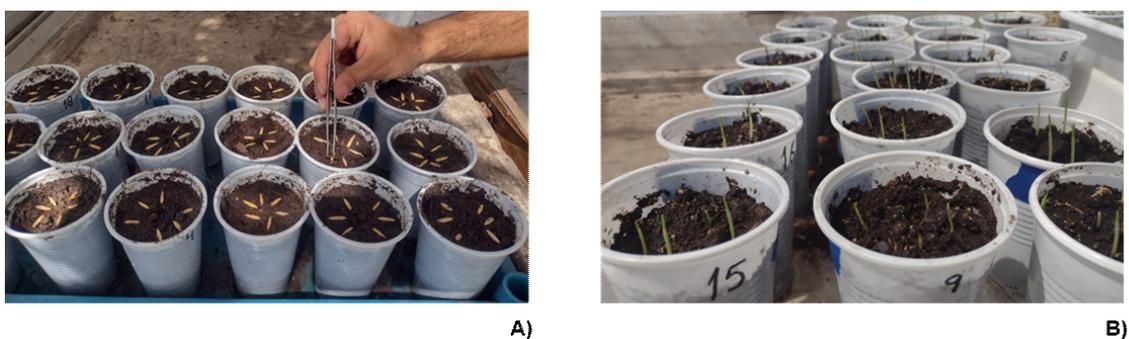


Figura 4. A) Siembra de semillas en macetas. B) Plantas de avena germinadas. Fuente: Moreno-Rizzoli

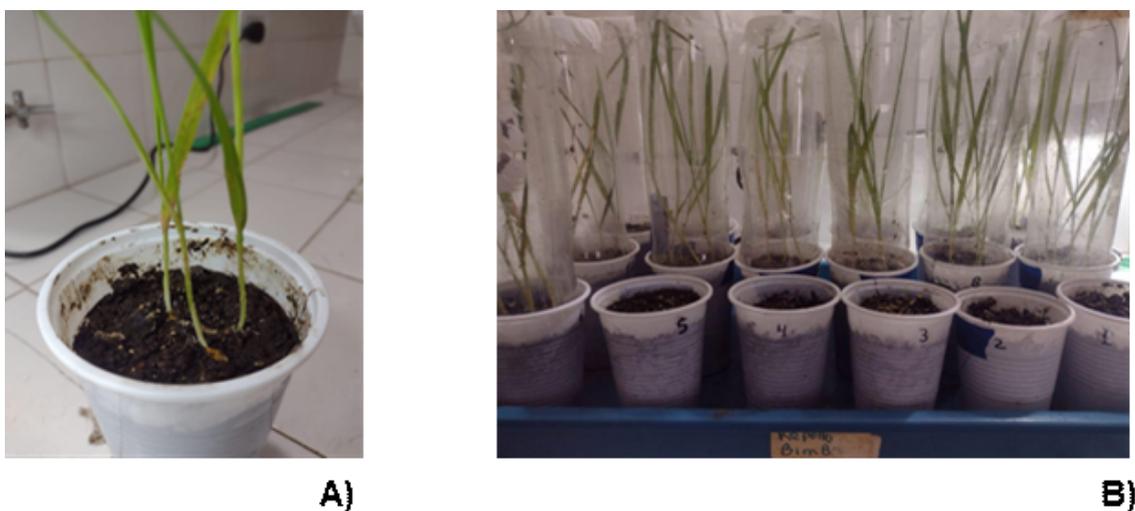


Figura 5. A) Plantas de avena con infección de pulgones, y daños cloróticos. B) Plantas de avena inoculadas aisladas con capuchón con ventilación superior. Fuente: Moreno-Rizzoli

Los parámetros evaluados fueron:

Evaluación Visual del Daño (EVD): Para la evaluación de este parámetro se elaboró una escala de daño que permitió una valoración integral del daño foliar

por comparación. De acuerdo al daño (clorosis, superficie afectada, manchas, necrosis, desarrollo general) de las plantas infestadas se clasifican según una escala donde 1 significa planta sin daño y 9 corresponde a planta muerta o con daño irreversible.

Los valores de la escala de 1 a 3 indican resistencia, de 4 a 6 moderadamente resistente a moderadamente susceptible y de 7 a 9 susceptible (Webster et al., 1991).

La construcción de la escala visual de daño, se realizó previamente al ensayo de tolerancia utilizando un cultivar de avena susceptible (cultivar Florencia). Para ello, se sembraron semillas de esta variedad en macetas plásticas de 200 cc y a los 10 cm de altura aproximadamente (alrededor de una semana después), se infestaron con cinco pulgones en la base de cada plántula. Una vez infestadas, se realizó un seguimiento periódico para observar el crecimiento de la población de los pulgones, así como el daño manifestado. Transcurridos veintidós días de la inoculación se procedió a armar una escala de daño de 1 a 9, siendo 1 la planta más tolerante y 9 la más susceptible (Chicare 2022). Para ello se colocaron las plantas sobre un fondo blanco y se las ordenó de menor a mayor según el grado de daño observado (Figura 6).

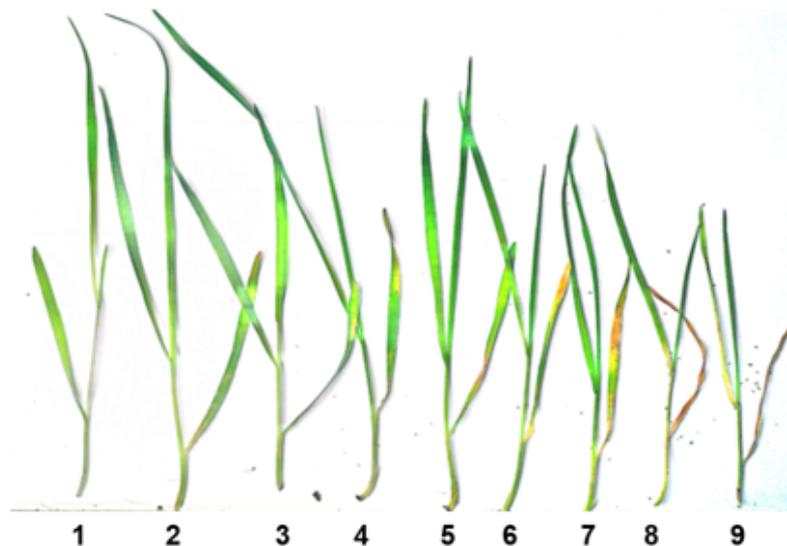


Figura 6. Escala visual de daño (EVD) en plantas de avena afectadas por pulgón verde. Fuente: Moreno-Rizzoli

Contenido de clorofila (CCh): Se cuantificó el CCh total en unidades SPAD, mediante el uso de un medidor portátil de clorofila (SPAD 505, Minolta Co. Ltd.). Los valores de SPAD resultaron del promedio de dos mediciones realizadas en la primera hoja expandida (Figura 7).



Figura 7. Medición del contenido de clorofila mediante el uso de clorofilómetro en hoja de avena.

Fuente: Moreno-Rizzoli

Altura de la planta (Al): Se midió en centímetros con regla graduada desde la base hasta el extremo de la hoja más extensa (Figura 8).

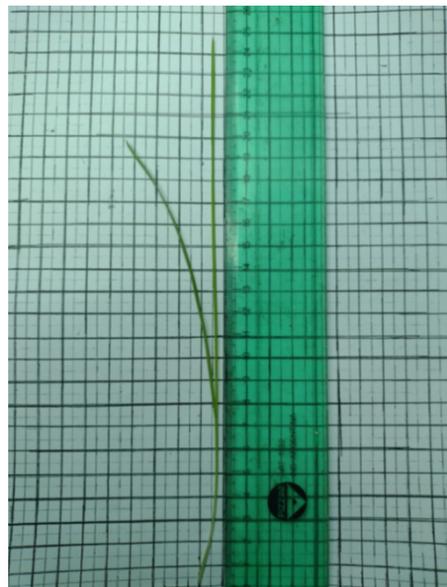


Figura 8. Medición de altura de planta mediante escala graduada. Fuente: Moreno-Rizzoli

Peso seco (PS): una vez cumplido el periodo de tratamiento estipulado se procedió al corte de cada planta por la base del tallo, se colocó en sobres de papel madera y se llevó a estufa a 70° c hasta peso constante durante una semana. Para cada genotipo y repetición se mantuvo la identificación y trazabilidad correspondiente. Una vez cumplido el tiempo se pesaron con balanza digital con una precisión de 0,001 gr hasta 50 gr.

Obtención de diferenciales

Para los parámetros de CCh, AI y PS se calcularon los diferenciales entre las plantas testigo (T) e infestadas (P), a través de la diferencia de los valores promedios de cada repetición y cultivar.

Análisis estadísticos

Los datos provenientes de los ensayos se analizaron con el programa estadístico Infostat versión libre en español (2020), mediante análisis de la varianza (ANOVA), previa verificación de los supuestos de normalidad. En los casos en los que la ANOVA presentó diferencias significativas entre los tratamientos se utilizó la prueba de LSD Fisher ($p \leq 0,05$) para determinar diferencias entre los valores promedios.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ensayo de Germinación

El ensayo de germinación permitió identificar los genotipos con buen y mal poder germinativo, criterio de utilidad para descartar los genotipos con problemas germinativos y seleccionar los genotipos óptimos para continuar con el resto de los experimentos. La Figura 9 muestra los resultados de los genotipos que mostraron problemas en la germinación en la primera y segunda lectura (Figura 9A) y genotipos con un buen poder germinativo (Figura 9B).

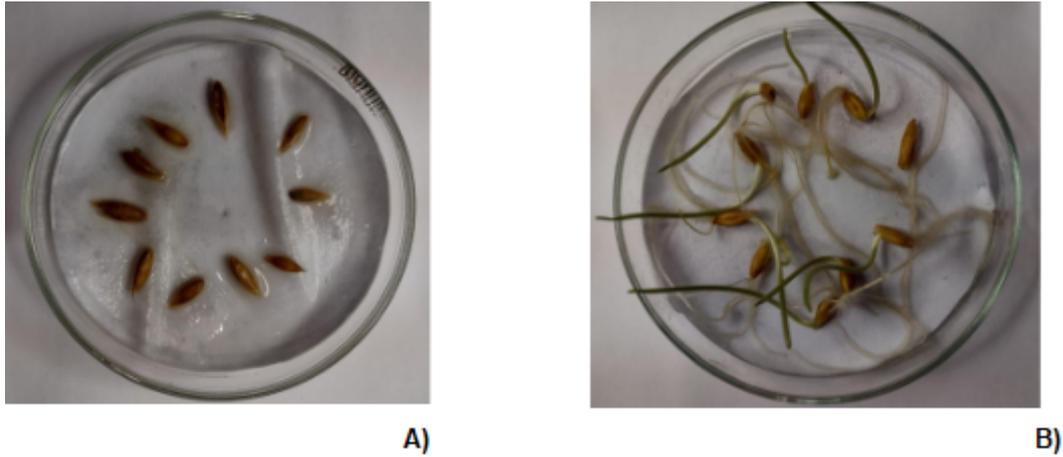


Figura 9. Ensayo de germinación de semillas de avena A) semillas con problemas de germinación. B) Semillas totalmente germinadas. Fuente: Moreno-Rizzoli.

Los genotipos identificados con el número 18 (Bu 156_11) y 19 (Bu 156_11 x Leggett) presentaron un porcentaje de germinación inferior al 20 % (Figura 10), por lo que fueron descartados de las siguientes evaluaciones.

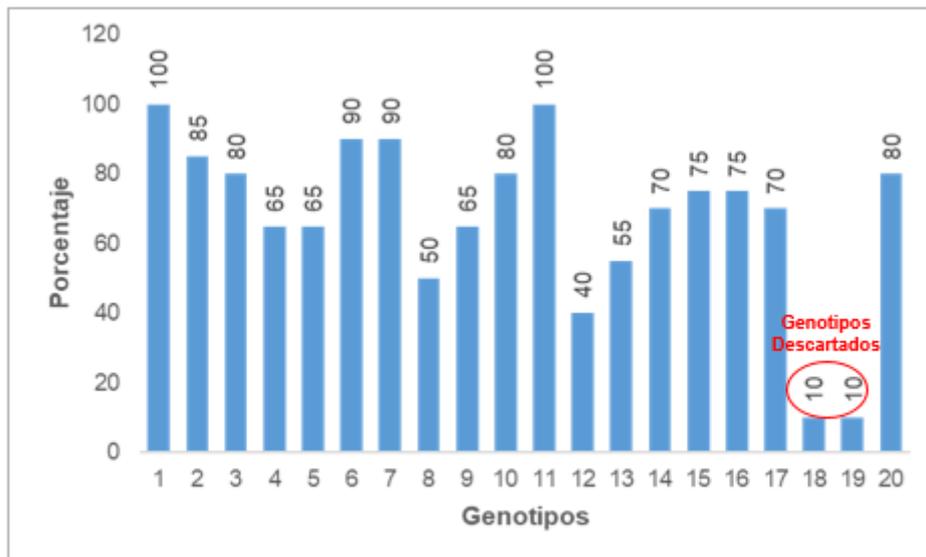


Figura 10. Porcentajes de germinación según genotipos de avena. Elaboración Moreno-Rizzoli

Ensayo de tolerancia

Escala Visual de Daño

Según la Escala Visual de Daño (EVD), la mayoría de los genotipos se comportaron con una resistencia intermedia (genotipos 14, 2, 17, 11, 4, 12, 5, 9,

16, 10, 13, 7, 6 y 8), resultado esperable dado que los genotipos evaluados son en su mayoría variedades comerciales o líneas parentales en estado avanzado de mejoramiento (Figura 11). El genotipo 20 se comportó como el más tolerante de todos con un valor promedio de 3,43 según la EVD. Sin embargo, ese número indica una tolerancia casi intermedia, considerando que dentro de esa categoría se considera a los valores 3, 4 y 5 de la EVD. Los valores de la EVD más elevados los toman los genotipos 1, 15 y 3, con valores entre 7 y 8, como se muestra en el otro extremo de la Figura 11, con el mayor daño foliar provocado por los insectos.

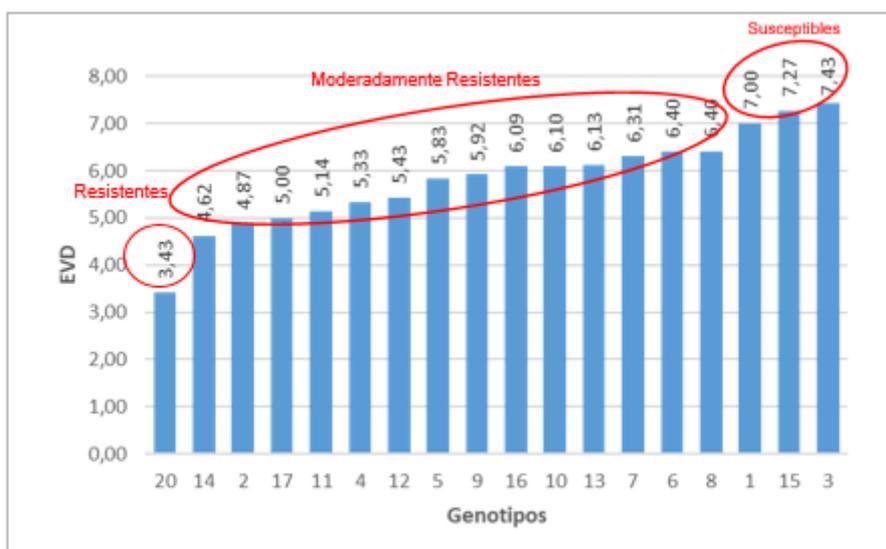


Figura 11. Escala Visual de Daño según cultivares de avena, identificando las variedades Resistentes, Moderadamente resistentes y Susceptibles. Elaboración Rizzoli - Moreno

Altura

La altura de las plantas mostró diferencias estadísticas significativas (*g.l.* 198; *p*:0,0001) entre los valores obtenidos en plantas tratadas (Tabla 3). A su vez el análisis de Fisher también evidenció diferencias significativas entre los valores promedios de los genotipos marcados con distintas letras, según puede observarse en la Tabla 4. En tanto, los genotipos con una letra común no son significativamente diferentes (*p*>0,05). Los valores varían entre alturas promedio mínimas de 18,96 cm hasta máximas de 29,13 cm con una media de 25,10 cm, lo

que indica la variabilidad en el crecimiento de las plantas de los genotipos frente al ataque de áfidos.

Tabla 3. Análisis de la varianza para los diferentes parámetros mostrando la media, el (D.S) desvío estándar, GL (grados de libertad) y el P-valor, $\alpha=0,05$ (grado de significancia)

Parámetro Evaluado	Media \pm D.S	GL	P-valor
Altura	25,01 \pm 2,83	198	0.0001
Peso	22,07 \pm 4,75	54	0.2429
Spad	19,33 \pm 3,48	198	0.0253

Tabla 4. Test de Fisher mostrando cultivares tratados dispuestos según valores de medias ascendentes, n (número de repeticiones), E.E (error estándar). Letras entre filas diferentes muestran diferencias significativas ($p>0,05$), para el parámetro altura.

Genotipos	Medias	n	E.E.							
9	18,96	12	1,58	A						
5	21,04	12	1,58	A	B					
7	21,29	12	1,58	A	B	C				
3	21,42	12	1,58	A	B	C	D			
8	23,25	12	1,58	A	B	C	D	E		
10	24,2	12	1,58		B	C	D	E	F	
13	24,96	12	1,58		B	C	D	E	F	G
17	25	12	1,58		B	C	D	E	F	G
1	25,42	12	1,58		B	C	D	E	F	G
14	25,54	12	1,58			C	D	E	F	G
12	25,75	12	1,58				D	E	F	G
2	25,92	12	1,58					E	F	G
15	26	12	1,58					E	F	G
6	27,21	12	1,58					E	F	G
16	27,96	12	1,58						F	G
20	28,04	12	1,58						F	G
4	28,24	12	1,58						F	G
11	29,13	12	1,58							G

En el mismo sentido puede observarse en la Figura 12 los cultivares más tolerantes que tomaron los valores máximos (genotipos 11, 4 y 20) con medias de 29,13; 28,24 y 28,04 cm respectivamente. Por otro lado, los genotipos más susceptibles para la altura fueron el 9, 5 y 7 con los valores más bajos de medias de 18,96; 21,04 y 21,29 respectivamente. Entre estos valores extremos están las alturas intermedias del resto de los genotipos que no se diferencian de los extremos.

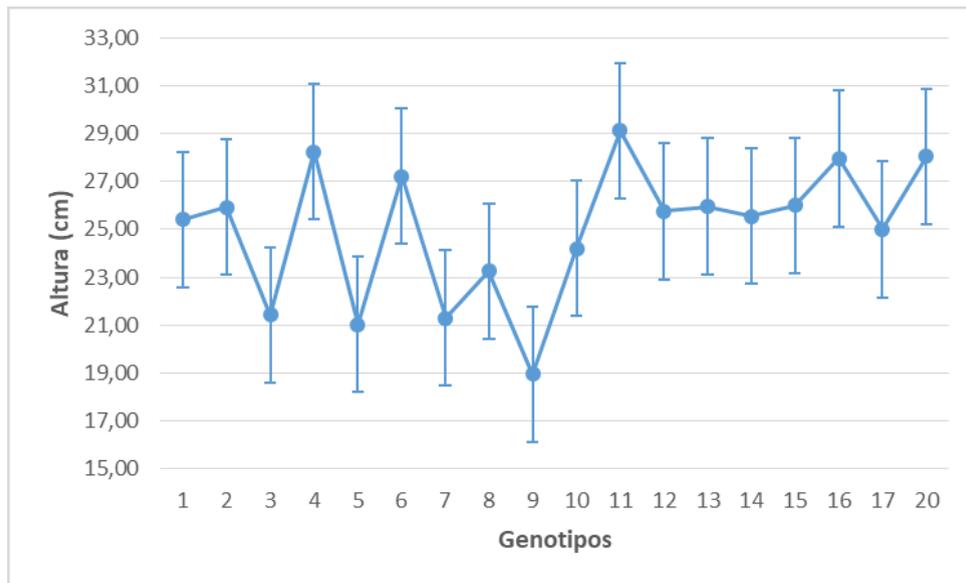


Figura 12. Valores medios para el parámetro altura según cultivares tratados y su desvío estándar. La desviación estándar agrupada se utiliza para calcular los intervalos.

Es de esperarse que la biomasa aérea de genotipos susceptibles se vea reducida debido al ataque de los áfidos, ya que durante su alimentación extraen nutrientes de la planta. Esto induce reacciones en la misma que se manifiestan como cambios metabólicos y/o morfológicos (Prado, 1997) como puede ser la altura de las plantas. Para cuantificar este cambio se calcularon los diferenciales de altura (ΔA) como la resta de la altura promedio de los testigos menos los tratamientos ($\Delta A = AT - AP$), para identificar la variación entre genotipos

Como es de esperarse el áfido afecta el crecimiento de las plantas que se refleja en una menor altura respecto de los testigos correspondientes con valores positivos en todos los casos (Figura 13). El genotipo 9 tomó el máximo valor de $\Delta A = 7,04$ cm en tanto el genotipo 4 tomó el valor mínimo de $0,02$ cm con un valor medio de $3,04$ cm.

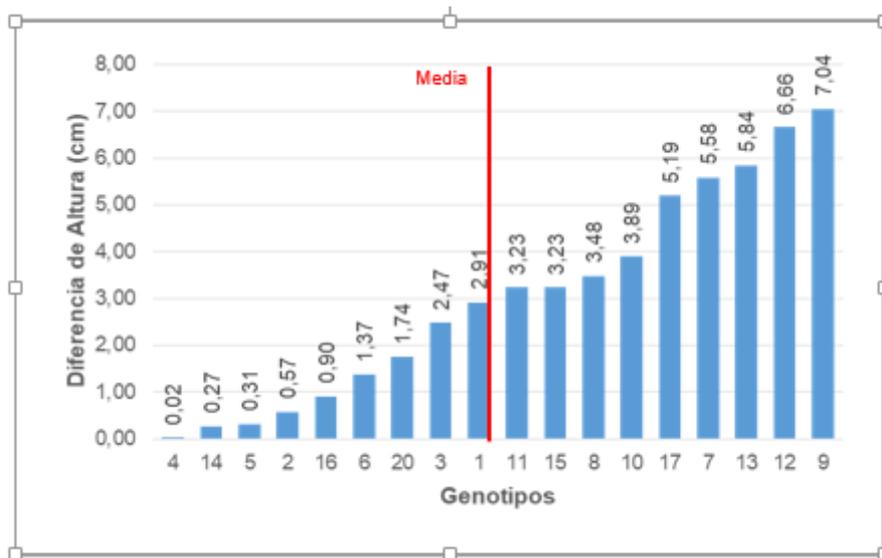


Figura 13. Distribución ascendente del diferencial de altura según cultivares de avena, con detalle de valor promedio de cada variedad y valor de la media aritmética. Elaboración propia.

A su vez, los genotipos más tolerantes al áfido se ubican en el cuartil inferior 4, 14, 5 y 2 (Figura 14).

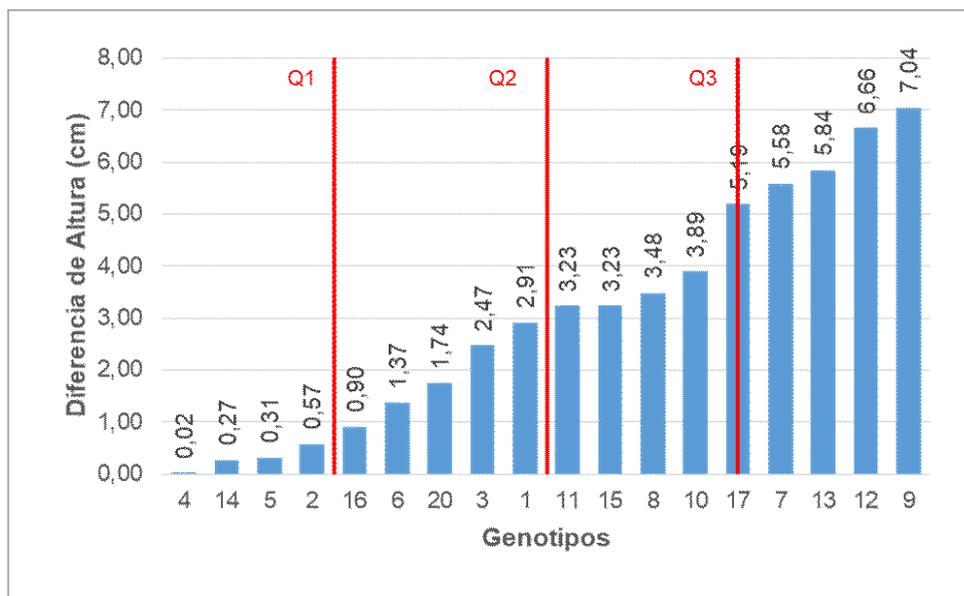


Figura 14. Distribución ascendente del diferencial de altura según cultivares de avena mostrando la disposición de los cuartiles Q1, Q2 y Q3 (25%, 50% y 75% porcentaje de división de cada cuartil respectivamente). Elaboración propia.

Peso seco

El peso seco aéreo no mostró diferencias significativas entre los valores obtenidos (*g.l.* 54, *p*:0.2429) como puede observarse en la Tabla 3. Sin embargo, el genotipo

20 parecería diferenciarse en su peso respecto a la mayoría de los cultivares (Tabla 5).

Tabla 5. Test de Fisher mostrando cultivares tratados dispuestos según valores de medias ascendentes, n (número de repeticiones). E.E (error estándar), letras entre filas diferentes muestran diferencias significativas ($p > 0,05$) para el parámetro peso.

Genotipos	Medias	n	E.E.	
9	15,56	4	4,21	A
17	16,43	4	4,21	A
12	16,88	4	4,21	A
6	18,23	4	4,21	A
5	18,31	4	4,21	A
8	18,94	4	4,21	A
3	19,94	4	4,21	A
15	20,02	4	4,21	A
10	20,25	4	4,21	A
7	22,42	4	4,21	A
1	23,38	4	4,21	A B
2	23,88	4	4,21	A B
4	24,23	4	4,21	A B
11	25,31	4	4,21	A B
13	25,56	4	4,21	A B
16	26,08	4	4,21	A B
14	27,25	4	4,21	A B
20	34,61	4	4,21	B

Como puede verse en la figura 15 el valor máximo lo toma el cultivar 20 con una media de 34,61 y los valores mínimos los cultivares 9, 17 y 12 con medias de 15,56; 16,43 y 16,88 respectivamente.

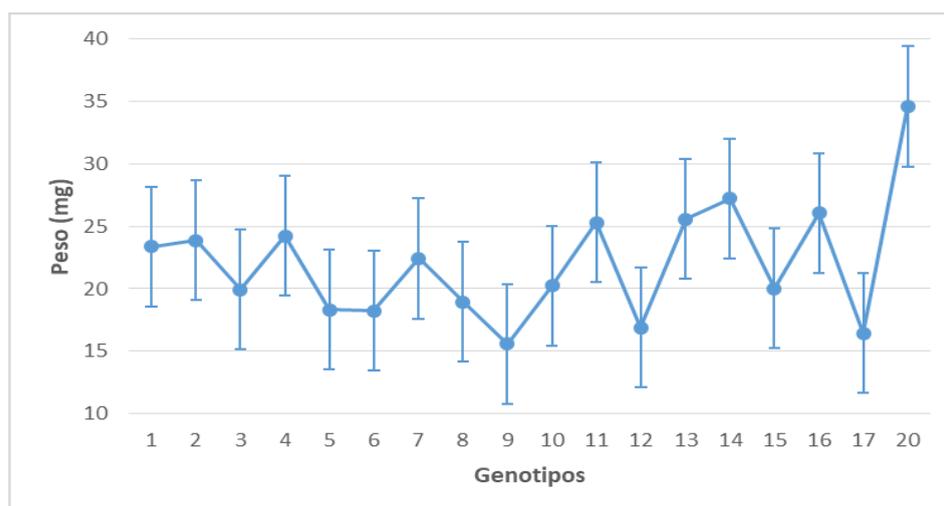


Figura 15. Gráfico mostrando valores medios para el parámetro peso según cultivar tratado y su desvío estándar. La desviación estándar agrupada se utiliza para calcular los intervalos.

El diferencial de peso seco fue calculado con la siguiente fórmula $\Delta P = PT - PP$, con valores máximos de 18,62 mg (genotipo 12) y mínimo de 2,94 mg (genotipo 5) con un valor medio de 8,12 mg. como puede observarse en la Figura 16.

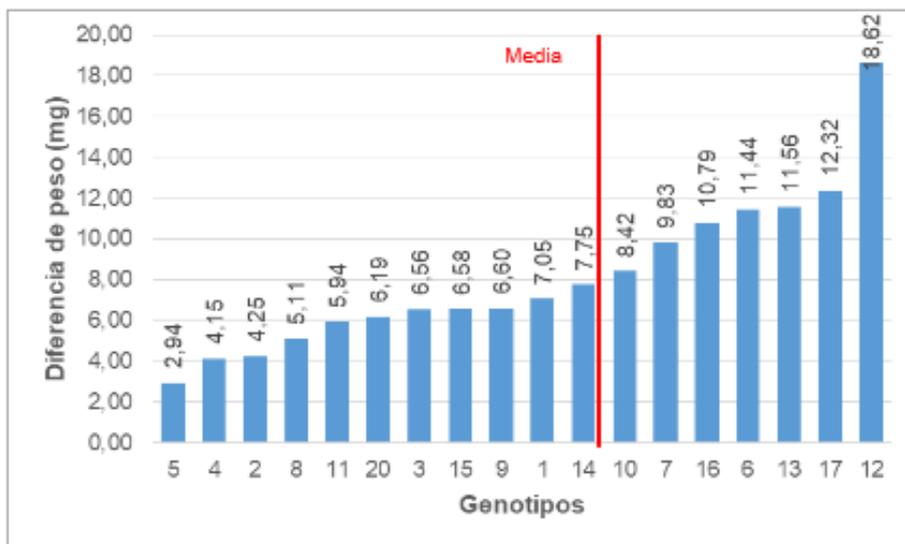


Figura 16. Distribución ascendente del diferencial de peso por cultivar de avena detallando valor promedio de cada variedad y valor de la media aritmética. Elaboración propia

En cuanto al análisis de los cuartiles del ΔP , los genotipos que se ubican en el cuartil inferior fueron las identificadas como 5, 4, 2 y 8 (Figura 17).

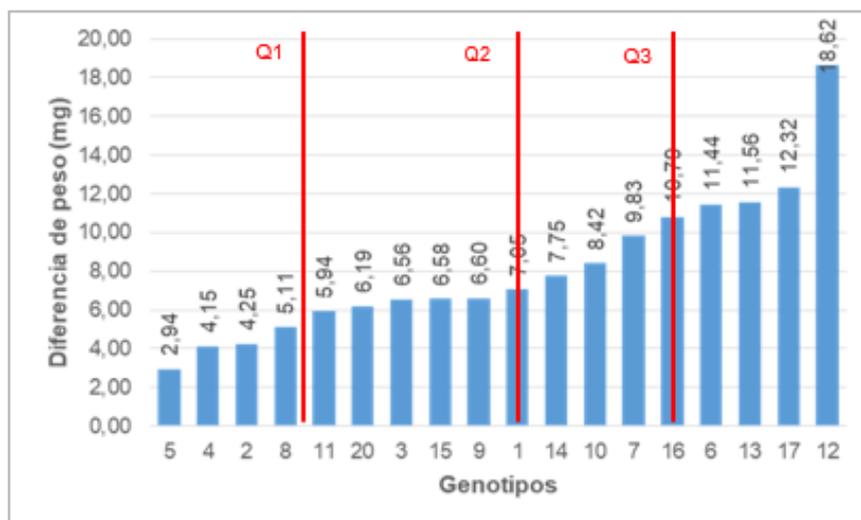


Figura 17. Distribución ascendente del diferencial de peso por cultivar de avena detallando la disposición de los cuartiles Q1, Q2 y Q3 (25%, 50% y 75% porcentaje de división de cada cuartil respectivamente). Elaboración propia.

En estudios previos se ha observado que los cultivares tolerantes de cereales no presentan mermas en la tasa de crecimiento a pesar de la presencia del insecto

(Castro et al., 2001). Por lo anterior, sería posible identificar genotipos que toleren una infestación y a su vez, logren incrementos aéreos similares o superiores a sus testigos (Castro et al.1987), que puede constatarse a través de la comparación de ensayos de tratamiento y testigo.

Contenido de clorofila

El contenido de clorofila mostró diferencias significativas en los valores obtenidos (*g.l.* 198, *p*: 0,025) como puede observarse en la Tabla 3. Los valores observados mostraron amplia variabilidad con un mínimo de 13,11 en el genotipo 9, un máximo de 25,61 en el genotipo 20 y una media general de 19,33 (Tabla 6).

Tabla 6. Test de Fisher para los cultivares tratados dispuestos según valores de Medias ascendentes, n (número de repeticiones), E.E (error estándar), letras entre filas diferentes muestras diferencias significativas ($p > 0,05$), para el parámetro Spad.

Genotipos	Medias	n	E.E.							
9	13,11	12	2,57	A						
15	14,47	12	2,57	A	B					
8	16,11	12	2,57	A	B	C				
17	16,4	12	2,57	A	B	C				
1	16,58	12	2,57	A	B	C	D			
11	16,89	12	2,57	A	B	C	D	E		
10	17,91	12	2,57	A	B	C	D	E		
3	18,07	12	2,57	A	B	C	D	E		
16	18,75	12	2,57	A	B	C	D	E	F	
6	19,11	12	2,57	A	B	C	D	E	F	
13	19,83	12	2,57	A	B	C	D	E	F	
2	21,07	12	2,57		B	C	D	E	F	
7	21,37	12	2,57		B	C	D	E	F	
4	22,51	12	2,57			C	D	E	F	
5	22,73	12	2,57			C	D	E	F	
12	23,58	12	2,57				D	E	F	
14	23,89	12	2,57					E	F	
20	25,61	12	2,57							F

Asimismo, puede observarse en la Figura 18 que los cultivares que perdieron menos contenido de clorofila ante la alimentación del insecto fueron el 20, 14 y 12 con valores promedio de 25,61; 23,89 y 23,58 respectivamente y los que mostraron mayores daños cloróticos con los valores mínimos fueron los cultivares 9, 15 y 8 con medias de 13,11; 14,47 y 16,11 respectivamente.

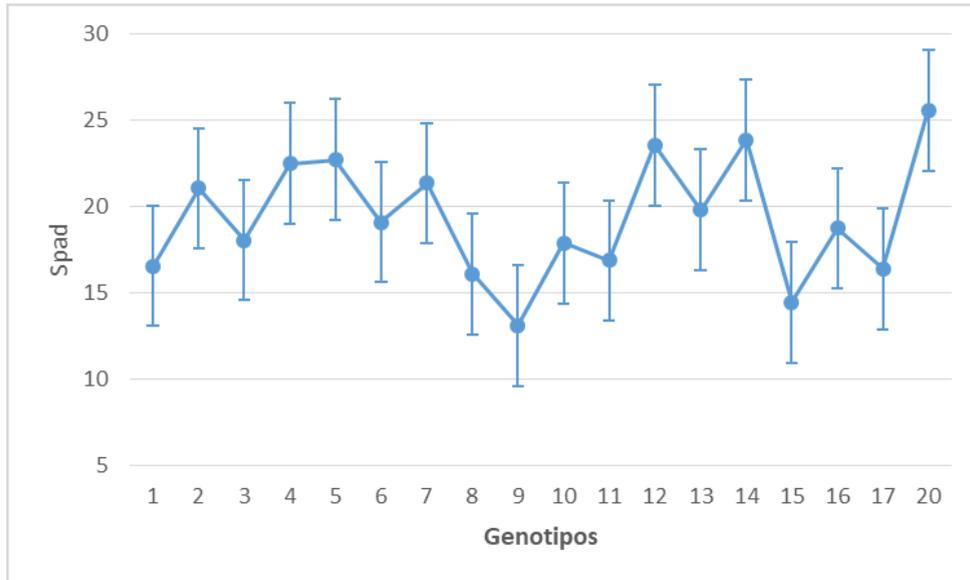


Figura 18. Gráfico mostrando valores medios para el parámetro Spad según cultivar tratado y su desvío estándar. La desviación estándar agrupada se utiliza para calcular los intervalos.

El diferencial de SPAD (ΔS) calculado como ($\Delta S = ST - SP$) toma valores máximos de 14,36 (genotipo 1) y mínimos de 5,39 (genotipo 4) con una media general de 10,05 (Figura 19). A su vez, los genotipos 4, 20, 2 y 12 mostraron la menor pérdida de clorofila respecto a sus testigos, evidenciando un comportamiento de mayor tolerancia al ataque del pulgón agrupándolos en el cuartil inferior (Figura 20).

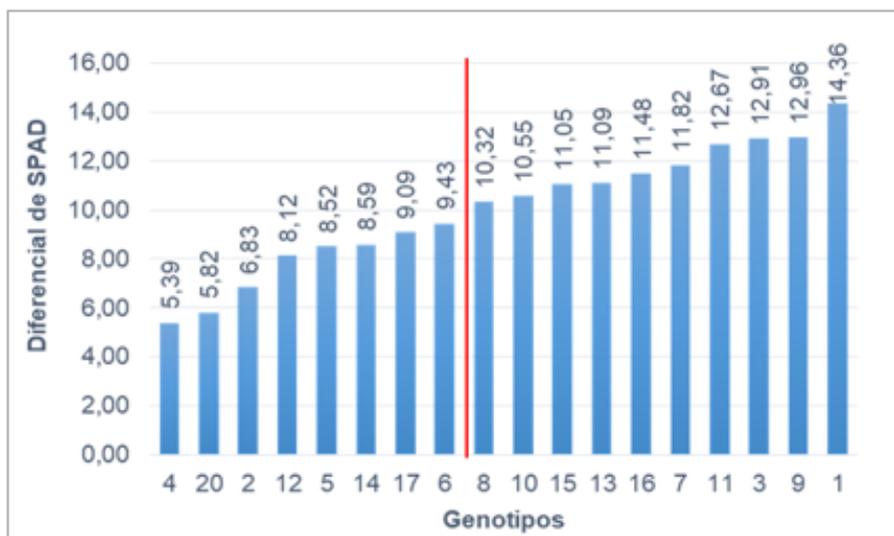


Figura 19. Distribución ascendente del diferencial de SPAD según cultivar de avena, con detalle de valor promedio de cada variedad y valor de la media aritmética. Elaboración propia

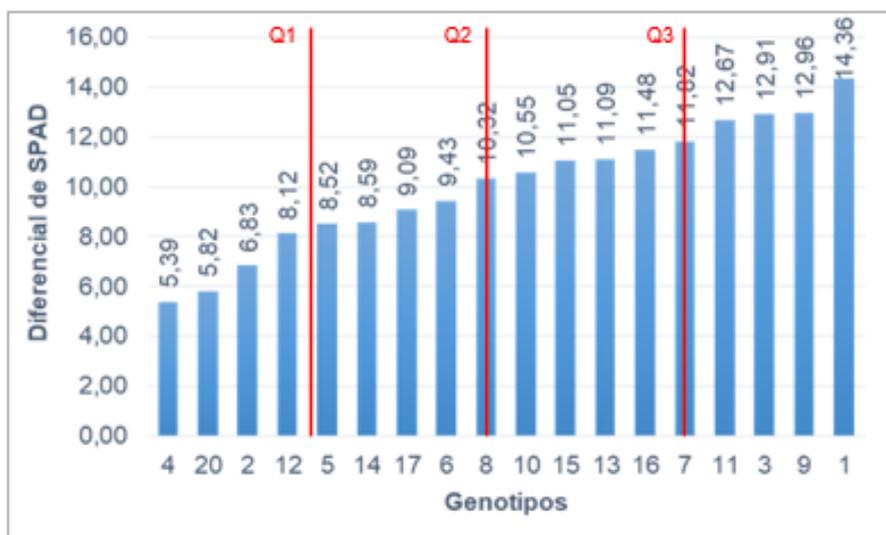


Figura 20. Distribución ascendente del diferencial de SPAD según cultivar de avena, con detalle de la disposición de los cuartiles Q1, Q2 y Q3 (25%, 50% y 75% porcentaje de división de cada cuartil respectivamente). Elaboración propia.

Numerosos estudios han documentado reducciones generales de la clorofila total en plantas susceptibles en respuesta a la alimentación de hemípteros. Heng-Moss (2006) reportaron reducciones de las concentraciones de clorofila en líneas de trigo susceptibles en respuesta a la alimentación de *Diuraphis noxia* (áfido del trigo). Cuando el áfido se alimenta inyecta pectinasas y otras enzimas presentes en su saliva que provoca clorosis y necrosis foliar en plantas susceptibles (Dorschner et al. 1987, Ryan et al. 1990). Tal como pudo comprobarse en estos análisis los genotipos más susceptibles mostraron mayor pérdida de clorofila cuantificada con el SPAD.

Los datos presentados hasta el momento representan el estudio individual de los parámetros medidos en los diferentes cultivares de avena. Sin embargo, para obtener un análisis integral de la tolerancia es conveniente la evaluación conjunta de todos los parámetros. Para ello, se construyó un ranking arbitrario ordenando el valor de cada parámetro en forma ascendente. Para cada genotipo se sumó el número de orden de cada Δ (Tabla 7).

Tabla 7. Ranking según cultivar para cada diferencial de los parámetros Spad, Peso, Altura y Escala Visual de Daño.

Cultivar	Numero	ΔS	Ranking	ΔP (mg)	Ranking	ΔA (cm)	Ranking	EVD	Ranking
Bon Aiken	1	14,36	18	7,05	10	2,91	9	7	16
Paloma	2	6,83	3	4,25	3	0,57	4	4,87	3
Florencia Test	3	12,91	16	6,56	7	2,47	8	7,43	18
Carlota	4	5,39	1	4,15	2	0,02	1	5,33	6
Bu 351_14	5	8,52	5	2,94	1	0,31	3	5,83	8
Fu 15	6	9,43	8	11,44	15	1,37	6	6,4	14
Bon Inta Cale	7	11,82	14	9,83	13	5,58	15	6,31	13
Crisal	8	10,32	9	5,11	4	3,48	12	6,4	15
Lucia	9	12,96	17	6,6	9	7,04	18	5,92	9
Elizabeth	10	10,55	10	8,42	12	3,89	13	6,1	11
Juana	11	12,67	15	5,94	5	3,23	10	5,14	5
Bu 554_13	12	8,12	4	18,63	18	6,66	17	5,43	7
Bon Sureno	13	11,09	12	11,56	16	5,84	16	6,13	12
Marita	14	8,59	6	7,75	11	0,27	2	4,62	2
Julieta	15	11,05	11	6,58	8	3,23	11	7,27	17
Bon Inta Mana	16	11,48	13	10,79	14	0,9	5	6,09	10
Bu 496_4	17	9,09	7	12,33	17	5,19	14	5	4
Bu 156_11x Juana Inta	20	5,82	2	6,19	6	1,74	7	3,43	1

Como puede observarse en el ranking, algunos genotipos tuvieron comportamientos diferenciales para los parámetros evaluados. Los genotipos 2, 4, 5, 20 y 14, que se comportaron como tolerantes o moderadamente resistentes según EVD, también dieron los menores valores de ΔA , ΔP y ΔS por lo que se concluye que tuvieron la mejor performance, confirmándose lo observado en cada parámetro en forma individual. Sin embargo, estos genotipos no respondieron de la misma manera a los diferenciales, por ejemplo, el G 4 a pesar de dar un valor 6 en la EVD tomó el menor valor con respecto a las demás características evaluadas, valores entre 1 y 2 (Figura 21).

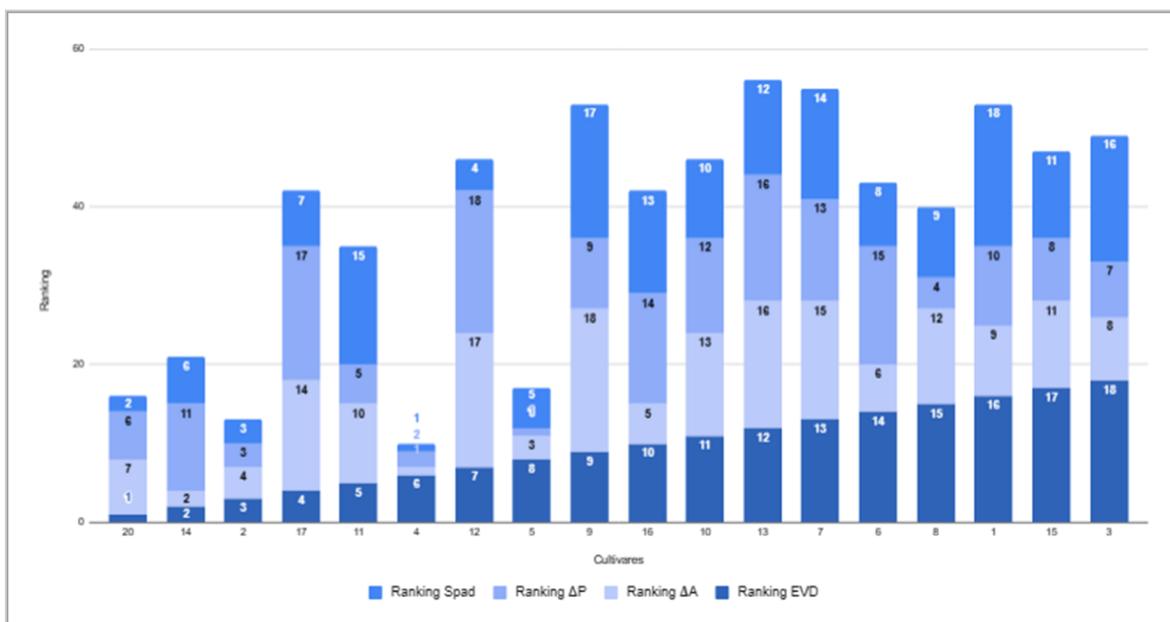


Figura 21. Ranking de los diferentes parámetros para cada cultivar probado, dispuestos según escala de daño, con detalle de la media aritmética.

Por otro lado, se pudo observar que el diámetro de los tallos y el número de láminas expandidas son parámetros que se vieron afectados por la presencia del pulgón. Si bien en el presente ensayo no fueron cuantificados directamente, sería conveniente incluir estas mediciones en futuros estudios para evaluar la respuesta diferencial de los genotipos al ataque de pulgones.

CONCLUSIONES

La identificación de genotipos resistentes al *Schizaphis graminum* es fundamental en el manejo racional de esta plaga en cereales de invierno y constituye la base de los programas de mejoramiento genético, siendo la estrategia de control más efectiva, económica y amigable con el medioambiente.

Entre los cultivares comerciales y las líneas experimentales de avenas evaluadas existe variabilidad en la respuesta al ataque del pulgón verde de los cereales. Dentro de esta variabilidad se pudieron identificar genotipos con niveles moderados de resistencia tales como las variedades 2, 4, 5, 20 y 14.

BIBLIOGRAFÍA

Almaraz, L. B. y Pardi, M. (2012). Mejoramiento en avena: Resistencia genética a pulgón. Repositorio: SEDICI. Repositorio de la Universidad Nacional de La Plata. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/77035>

Arora, R., Sing, B., and Dhawan, A.K. (2017). Theory and Practice of Integrated Pest Management. Scientific Publishers (Edit.).

Campos, P., Gimenes, F., Tomaso, J. y Brach, A. (2008). Caracterización de la población patógena de *Puccinia coronata* (Roya de la hoja de la avena), en las campañas 2004-05-06 y comportamiento de cultivares frente al patógeno. VII Congreso Nacional de Trigo. V Simposio Nacional de Cereales de Siembra Otoño-Invernal. I Encuentro del MERCOSUR. Santa Rosa, La Pampa. 2,3 y 4 de Julio. pp. SO4.

Castro, A. M.; Rumi, C. P. y Arriaga, H. O. (1987). Deterioro en la producción de avena susceptible a *Schizaphis graminum* (Rondani) sometidas a un período de infestación y su posterior recuperación. Turrialba. 39: 97-105

Castro, A, Ramos, S.; Vasicek, A.; Worland, A, Giménez, D.; Clúa, A. y Suárez, E. (2001). Identification of wheat chromosomes involved with different types of resistance against greenbug and Russian wheat aphid *Diuraphis noxia*, (Mordvilko). Euphytica. 118 (3): 321-330.

Chicare, N., Alberdi, B., García, M., Moreno Kiernan, A., Tacaliti, M. y Tocho, E. (2022). Evaluación del daño en variedades de cebada frente a *Schizaphis graminum*. Investigación Joven, 9(2), 49–50. Recuperado a partir de <https://revistas.unlp.edu.ar/InvJov/article/view/14660>

Conti V, Moreyra F, González G, Vallati F y Giménez F. (2014) Área de Mejoramiento y Calidad Vegetal – EEA Bordenave- INTA, Argentina. Biotecnología aplicada al mejoramiento de cereales menores en Argentina-

Dorschner, D. W.; Ryan, J. D.; Johnson, R. C. and Eikenbary, R. D. (1987). Modification of host nitrogen levels by the greenbug (Homoptera: Aphididae); its role in resistance of winter wheat to aphids. *Environmental Entomology*. 16: 1007-1011.

Dubrovsky Berenzstein, N., Ricci, E.M., Polack, L.A y Marasas, M.E. (2017). Control biológico por conservación: evaluación de los enemigos naturales de *Brevicoryne Brassicae* (Homoptera: Aphididae) en un manejo agroecológico de producción al aire libre de repollo (*Brassica Oleracea*) del Cinturón Hortícola de La Plata, Buenos Aires, Argentina. *Revista de la Facultad de Agronomía* 116(1), 141-154.

A. Dughetti (2012) "Pulgones: Clave para identificar las formas ápteras que atacan a los 322 cereales". RIAN, Red de información agropecuaria nacional, INTA y Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, 323 pp.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura,FAO. (2020).<https://www.fao.org/faostat/es/>. Última visita: 20/9/2022

Flinn M, Smith C.M, Reese J.C., Gill B. (2001). Categories of resistance to greenbug biotype I in *Ae. Tauschii* germplasm. *J of Economic Entomology* Vol 94, 2: 558- 563.

García A, (2007). Curso de cultivos y cereales andinos. Cultivo de avena. Disponible en: <https://es.slideshare.net/ygarciaz/cultivo-de-avena-cd.05>.

Heng-Moss, T.; Macedo, T; Franzen, L.; Baxendale, F.; Higley, L. y Sarath, G. (2006). Physiological responses of resistant and susceptible buffalograsses to *Blissus occiduus* (Homoptera: Blissidae) feeding. *Journal of Economic Entomology*. 99:222–228.

Infostat (2020). descargado de: <https://www.infostat.com.ar/index.php?mod=page&id=46>

La Rossa, F.R., Vasicek, A, López, M, Bosco, N., Imperiale, P, y Bainotti, C. (2014). Respuesta biológica y poblacional de *Schizaphis graminum* (Rond.) (Hemiptera: Aphididae) sobre ocho cultivares de trigo (*Triticum aestivum* L.) en condiciones de laboratorio. Revista de Investigaciones agropecuarias. 40(3), 281-289.

Leggett y Thomas. (1995). Oat evolution and cytogenetics. New diploid Avena species discovered on the Canary Islands. p.121-149.

Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca MAGyP (2020). <https://datosestimaciones.magyp.gob.ar/reportes.php?reporte=Estimaciones>.
Última visita: 20/9/2022.

Moreira, F (2020) Disponibilidad genética de verdes de inviernos en Argentina. Mejoramiento y Calidad vegetal EEA INTA Bordenave.

Painter R.H. (1951). Insect Resistance in Crop Plants. The McMillan Co. New York., 151.

Prado C.E.(1997). Aphid-plant interactions at phloem level, a behavioural study. Ph. D. Thesis Wageningen. Pp 111.

Reglas Internacionales para el Análisis de las Semillas ISTA (2016). [ISTA_Rules_2016_Spanish.pdf \(umayor.cl\)](#) . Última visita: 18/05/2023

Romero, F.R. (2004). Manejo Integrado de plagas: Las bases, los conceptos y su mercantilización. Universidad Autónoma de Chapingo. Instituto de Fitosanidad, Montecillo.

Ryan, J. D.; Morgham, A. T.; Richardson, P. E.; Johnson, R. C.; Mort and A. J.; Eikenabary, R. D. (1990). Greenbugs and wheat: a model system for the study of phytotoxic Homoptera. In: Campbell, R. K.; Eikenabary R. D. eds. Aphid-plant genotype interactions. Amsterdam, Elsevier. pp. 171- 186.

Tocho, E.F., Marino, A.M., y Castro, A.M. (2012). Evaluación de la resistencia a *Schizaphis graminum* (Hemiptera: Aphididae) en cebada. Revista Sociedad Entomológica Argentina. 71(1-2), 01-10.

Tocho, E.F., Börner, A., Lohwasser, U., y Castro, A.M. (2013). Mapping and candidate gene identification of loci determining tolerance to greenbug (*Schizaphis graminum*, Rondani) in barley. Euphytica 191(2), 173–182.

Tocho, E.F., Tacaliti, M.S., Musa, A., Gonzalez, G.A., Moreyra, F., y Gimenez, F.J. (2019). Caracterización de la resistencia al pulgón verde de los cereales (*Schizaphis graminum*) en cultivares de cebada bajo condiciones controladas RIA 45(2), 182-190.

Tomaso, J. C. (2008). Cereales menores de invierno: Mejoramiento genético de avena, cebada cervecera, centeno y cebada forrajera: producción y utilización en la Argentina. Recuperado en 18 de mayo de 2023, de <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/27683>

Urretabizkaya, N., Cátedra de Protección Vegetal FCA-UNLZ. Argentina. (2020). Principales pulgones en cereales de invierno. Estrategias de control. 03-07.

Wehrhahne L, (2008). Avenas para granos 2008. AgroBarrow n°40.

Webster, J.A y Kenkel, P. et al. (1991). Benefits of managing small pests with plant resistance. En: WISEMAN, B.R.; WEBSTER, J.A (Eds.). Entomological Society of America. Lanham, MD, 87-114 pp.