

## CARACTERIZACIÓN DEL DAÑO DE *SITOPHILUS GRANARIUS* L. (COLEOPTERA, CURCULIONIDAE) EN DISTINTOS CULTIVARES DE CEBADA (*HORDEUM VULGARE* L.)

Luciano Antonio Burghetti<sup>2</sup>, Gualterio Nicolás Barrientos<sup>2, 3</sup>, María Antonela Dettler<sup>2, 3</sup>, María Agustina Ansa<sup>1, 2, 3</sup>, Emilia Martínez<sup>3</sup>, Marina Vilma Santadino<sup>2, 3</sup> y María Begoña Riquelme Virgala<sup>1, 2, 3\*</sup>

<sup>1</sup> Universidad de Buenos Aires, Facultad de Agronomía (FAUBA), Departamento de Producción Vegetal, Cátedra de Zoología Agrícola. Argentina

<sup>2</sup> Universidad Nacional de Luján (UNLu), Departamento de Tecnología. Argentina

<sup>3</sup> UNLu-CONICET, Instituto de Ecología y Desarrollo Sustentable (INEDES). Argentina

\* E-mail: mriquelme@agro.uba.ar

Recibido: 23/11/2021

Aceptado: 10/06/2022

### RESUMEN

La cebada cervecera, *Hordeum vulgare* L. es un cereal invernal cuya producción de grano de calidad se destina a la industria de maltas y cerveza. Durante el almacenaje postcosecha, la calidad del grano puede ser afectada por plagas como *Sitophilus granarius* (L.), cuyas larvas se desarrollan dentro del grano, lo que afecta el poder germinativo entre otras variables exigidas por la industria. Sin embargo, se desconoce la incidencia de esta plaga en el grano de cebada cervecera en la Argentina. El objetivo de este trabajo fue caracterizar el daño de *S. granarius* sobre diferentes cultivares comerciales de cebada. En seis recipientes por cultivar, se colocaron 20 g de granos sanos con 10 parejas de *S. granarius* durante 10 días. Del mismo modo se mantuvieron tres recipientes por cultivar sin gorgojos como tratamiento testigo. Se realizaron observaciones hasta la completa emergencia de los adultos. Se estimaron: la reducción del peso (RP), la reducción del poder germinativo (RPG) y el índice de susceptibilidad (IS) de los granos, y el tiempo de desarrollo de los gorgojos (D). La pérdida de peso promedió el 5,32% y la RPG, el 10,9%, sin diferir significativamente entre cultivares. El D fue significativamente mayor en el cultivar Danielle que en Andreia. Sin embargo, el IS no presentó diferencias significativas. Estos resultados indican que todos los cultivares evaluados son susceptibles al ataque de *S. granarius* y que su daño reduce la calidad de los granos de cebada.

**Palabras clave:** gorgojo del trigo, plagas de poscosecha, cebada cervecera, poder germinativo, susceptibilidad.

## CHARACTERIZATION OF THE DAMAGE BY *SITOPHILUS GRANARIUS* L. (COLEOPTERA, CURCULIONIDAE) ON DIFFERENT BARLEY VARIETIES (*HORDEUM VULGARE* L.)

### SUMMARY

The beer barley, *Hordeum vulgare* L. is a winter cereal crop whose high quality grains are destined for the malt and beer industry. During post-harvest storage, grain quality can be affected by pests such as *Sitophilus granarius* (L.), whose larvae develop inside the grain, which affects germination power among other variables required by the industry. However, the incidence of this pest on barley grain is unknown in Argentina. The aim of this work was to characterize the damage caused by this species on different commercial barley varieties. Six groups of newly-emerged adults (ten pairs) per variety were confined in a container with 20 g of healthy grains for 10 days. In the same way, three containers per variety were kept without weevils as controls. Daily observations were made until complete adult emergency. Grain weight reduction (RP), the reduction of the germination power (RPG), the susceptibility index (IS) of the grains, and the development time (D) of the weevils, were estimated. Weight loss averaged 5.32% and the RPG averaged 10.9%, both variables did not show significant differences between varieties. The D was significantly higher in Danielle than in Andreia. However, the IS did not present significant differences between varieties. These results indicate that all varieties could be susceptible to attack by *S. granarius* and that the weevil damage reduces the quality barley grains.

**Key words:** granary weevil, stored of pest, beer barley, germination power, susceptibility.

## INTRODUCCIÓN

En la Argentina, la cebada cervecera *Hordeum vulgare* L. ocupa el segundo lugar en superficie destinada a cultivos extensivos de invierno después del trigo (Puechagut y Pace, 2016). La zona que nuclea la mayor producción de este cereal es la región pampeana, principalmente el sudeste de la provincia de Buenos Aires, seguida por el oeste y sudoeste (abarcando el este de la provincia de La Pampa). Con el aumento de la superficie sembrada se incorporaron zonas como el centro-norte de Buenos Aires, sur de Santa Fe y sudeste de Córdoba (Donaire *et al.*, 2017) y se introdujeron nuevos cultivares. Por muchos años, el cultivar alemán Scarlett dominó el mercado (MAGyP, 2019), representando un gran riesgo ante la aparición de enfermedades, plagas o estrés climático. En la actualidad, el cultivar Andreia es el más sembrado, aunque se registra un notorio avance de las variedades Overture y Montoya, además de la relevancia que van tomando Alhue, Yanara, Jennifer, Sinfonía, Charles y Alicia (Cattáneo y Cortese, 2021).

En la Argentina, la producción de cebada cervecera tiene como principal destino la industria de maltas y cerveza, mientras que los granos que no cumplen con los estándares de calidad requeridos por estas industrias son destinados a forraje (MAGyP, 2016). La calidad del grano está caracterizada por parámetros establecidos en la Resolución N°27/2013 del MAGyP, los cuales determinan estándares de comercialización relacionados con diferentes rubros (Boccardo *et al.*, 2015). Uno de estos parámetros es el poder germinativo, el cual debe ser alto, ya que los granos que no germinan no se transformarán en malta; otro es el calibre, el cual debe ser de al menos 2,5 mm, debido a que el tamaño está directamente relacionado con la cantidad de almidón y proteínas y velocidad de germinación (Giménez, 2017).

Entre los factores que afectan la calidad del grano en la etapa de poscosecha se encuentran las plagas. En la Argentina, la pérdida de granos durante esta etapa equivale aproximadamente al 6-8% de la producción total (Garnero, 2012). Entre los insectos que afectan a los granos en almacenamiento se destacan los gorgojos del género *Sitophilus* Schoenherr (Coleoptera, Curculionidae), siendo tres especies las de mayor importancia: el gorgojo del maíz (*S. zeamais* Motschulsky), el gorgojo del arroz (*S. oryzae* L.) y el gorgojo del trigo (*S. granarius*) (De los Mozos Pascual, 1997; Abadía *et al.*, 2013). Las especies del género *Sitophilus* tienen características semejantes durante su ciclo ontogénico (Stadler, 1988). Las hembras roen un hueco en el grano, depositan allí un

único huevo y obturan ese orificio con una secreción mucilaginoso, pudiéndose encontrar más de una oviposición por grano. Durante su estado larval viven en el interior del grano alimentándose del endosperma y del germen. Finalizando este estado, la larva obtura el extremo del túnel formando la celda pupal, en donde habita como pupa hasta la emergencia del adulto. En particular, *S. granarius* cumple su ciclo biológico en 30 a 42 días, mientras que la longevidad de los adultos varía entre siete y ocho meses. Cada hembra coloca de 50 a 250 huevos de los que eclosionan larvas curculioniformes que empupan a los 21-28 días, permaneciendo en este estado durante siete días (Serantes y de Haro, 1980). Con respecto a su comportamiento, *S. granarius* presenta incapacidad para volar ya que posee alas rudimentarias (Kiritani, 1959). Como plaga de infestación primaria, el daño lo provoca sobre el grano entero e intacto, y no presenta un óptimo desempeño sobre materiales finamente molidos, aunque sí puede sobrevivir sobre materiales manufacturados o granos levemente rotos (Hagstrum *et al.*, 2012).

Las investigaciones que caracterizan el daño de *S. granarius* o su preferencia entre distintos cultivares de cebada cervecera son escasas (Koura y El-Halfawy, 1972; Gharib y El-Laqla, 2005). En la Argentina, Abadía *et al.* (2013) mencionan que *S. granarius* consume granos de este cultivo. Sin embargo, el daño causado en los distintos cultivares disponibles no ha sido caracterizado. Por ello, el objetivo de este trabajo fue estimar y comparar la incidencia y el daño de *S. granarius* en cinco cultivares comerciales de cebada cervecera, analizando su efecto sobre el peso, el poder germinativo y la susceptibilidad.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Material biológico

Los individuos adultos de *S. granarius* empleados en los diferentes ensayos se obtuvieron a partir de la cría llevada a cabo en el laboratorio de Zoología Agrícola de la Universidad Nacional de Luján bajo condiciones controladas ( $24 \pm 2$  °C,  $60 \pm 10\%$  HR) en una cámara de cría (GC-300 Lab. Companion ®). Para su alimentación y desarrollo se usó una variedad de cebada cervecera no utilizada en los ensayos (Aliciana). Para caracterizar el daño de *S. granarius* se obtuvieron granos del cultivo de cinco cultivares: (i) Andreia, (ii) Shakira, (iii) Danielle, (iv) Montoya y (v) Jennifer. Todas estas variedades son de origen alemán (INASE, 2020). Los granos utilizados en los ensayos no poseían ningún tratamiento con agroquímicos.

### Oviposición y desarrollo de *S. granarius* en distintos cultivares de cebada cervecera

En frascos de vidrio (200 cm<sup>3</sup>) se dispusieron granos sanos de cebada cervecera (20 g), una espátula de laboratorio al ras de harina de trigo, y 10 parejas de adultos de *S. granarius* recientemente emergidos. Estos recipientes fueron tapados con una tela de voile y colocados en cámara bajo las mismas condiciones controladas de la cría durante 10 días, luego de lo cual, los adultos fueron retirados. Se realizaron seis repeticiones de cada cultivar, donde cada frasco fue considerado una unidad experimental para un diseño completamente aleatorizado. Además, con el fin de estimar el daño, un grupo adicional de frascos se destinó a corroborar que los granos no estuvieran infestados previamente. En este caso, se utilizaron tres repeticiones por cultivar, las cuales consistieron en disponer solo los granos de cebada cervecera (20 g) y la harina de trigo (e.g. sin incorporación de adultos). La metodología empleada para este grupo de frascos fue la misma descripta previamente.

Transcurridos 20 días desde la infestación se registró cada dos días la aparición de los adultos de la progenie hasta que dejaron de observarse nuevas emergencias. Con estas observaciones se estimaron variables asociadas a la dinámica de la plaga:

(i) *Número de descendientes por hembra*<sup>-1</sup>: estimado como el cociente entre el número total de descendientes y el número de hembras (10).

(ii) *Número de huevos hembra*<sup>-1</sup> *día*<sup>-1</sup>: estimado mediante la relación entre el número descendiente por hembra y el número de días que se expusieron las hembras inicialmente (10). Cabe destacar que este cálculo subestima el número real de huevos, dado que no considera la mortalidad de *S. granarius* durante el desarrollo.

(iii) *Tiempo de desarrollo (D)*: calculado según la Ecuación 1 propuesta por Dobie (1974).

$$D = \frac{\sum (F \times E)}{\sum F} \quad \text{[Ecuación 1]}$$

donde, *F* es el número de insectos adultos generados por día y *E* es el número de días desde la infestación hasta la emergencia de los adultos.

### Caracterización del daño de *S. granarius* en diferentes cultivares de cebada cervecera

Al finalizar el registro de aparición de los adultos de la progenie, se determinó el peso fresco final de los granos

con una balanza electrónica de precisión (Sartorius M-prove AY212 210g x 0,01g) en todos los frascos (con y sin insectos). Como en los recipientes del tratamiento testigo de todos los cultivares se observó un leve aumento de peso, probablemente debido a un aumento de la humedad en los granos, la reducción del peso (RP) fue estimada utilizando la Ecuación 2 y corregida por un factor de corrección (ecuación 3).

$$RP = (Pi - Pft) + FCm(Pi - Pft) \quad \text{[Ecuación 2]}$$

donde, *Pi* es el peso inicial de los granos (20 g); *Pft* el peso final de los granos infestados del tratamiento (cultivar) y *FCm* el factor de corrección medio que corrige el aumento de peso del control para un determinado cultivar, determinado por la Ecuación 3.

$$FCm = \frac{(Pfc - Pic)}{Pic} \quad \text{[Ecuación 3]}$$

donde, *Pfc* es el peso final del control y *Pic*, el peso inicial del control (20 g).

Posteriormente, se tomaron de cada unidad experimental, 10 granos para evaluar el poder germinativo (PG). Para esto se utilizaron bandejas plásticas de 9 cm de ancho por 12 cm de alto, en las cuales se colocó una base de algodón y papel absorbente humedecidos con agua destilada. En cada bandeja las semillas se dispusieron de forma equidistante y sobre las mismas, otra capa de papel absorbente también levemente humedecido. Las bandejas permanecieron a 24 °C durante 7 d en una cámara de germinación (FAC EG 1500x500x500). Para dicho ensayo se realizaron tres repeticiones por cultivar, tomándose igual cantidad de semillas sanas de los testigos de cada cultivar como control. La reducción del poder germinativo (RPG) corregida por el testigo se estimó mediante la Ecuación 4.

$$RPG(\%) = \frac{(PGMc - PGt)}{PGMc} \times 100 \quad \text{[Ecuación 4]}$$

donde, *PGMc* es el poder germinativo medio del control y *PGt* es el poder germinativo del tratamiento (cultivar).

Por último, se evaluó el índice de susceptibilidad (IS) para cada uno de los cultivares utilizados en el ensayo. Para ello se empleó la fórmula desarrollada por Dobie (1974) que establece una relación entre el número de insectos emergidos por día y el tiempo medio de desarrollo, como muestra la Ecuación 5:

$$IS = \frac{\text{Log}F}{D} \times 100$$

[Ecuación 5]

donde,  $F$  es el número de insectos producto de la oviposición de las 10 hembras colocadas inicialmente durante 10 días y  $D$  es el tiempo medio de desarrollo de la descendencia (Ecuación 1).

### Análisis estadístico

Las variables tiempo de desarrollo, número de descendientes hembra<sup>-1</sup> y número de huevos hembra<sup>-1</sup> a d<sup>-1</sup> fueron sometidas a un análisis de la varianza para un diseño completamente aleatorizado. Para caracterizar el daño, se llevó a cabo un análisis de varianza para la reducción del peso y del poder germinativo y para el índice de susceptibilidad. Se utilizó la prueba de Shapiro-Wilks modificada para probar el supuesto de normalidad de los residuos (Di Rienzo *et al.*, 2018). Para todos los análisis se utilizó el programa estadístico INFOSTAT (Di Rienzo *et al.*, 2018) y fue considerado un nivel de significancia del 5%.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las unidades experimentales utilizadas como control, no se registraron nacimientos de adultos, lo que comprobó la sanidad original de los granos. En la evaluación del número de descendientes por hembra y de huevos hembra<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>, no se evidenciaron diferencias significativas entre los distintos cultivares (Cuadro 1), con un valor máximo de 18,75 descendientes hembra<sup>-1</sup> para el cultivar Montoya y un valor mínimo de 4 descendientes hembra<sup>-1</sup> para el cultivar Danielle. Ali *et al.* (2015) realizaron ensayos colocando 10 parejas de adultos en diferentes granos partidos y sanos de cebada, dejándolas oviponer durante 12 días en 100, 150 y 200 g de grano, y obtuvieron un promedio de 2,5 huevos hembra<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>, sin diferencias entre tratamientos. Estos valores son notoriamente superiores a los obtenidos en el presente trabajo (promedio de 1,1 huevos hembra<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>), lo que podría estar relacionado con la presencia de grano partido que podría servir como alimento de los adultos, aumentando la producción de progenie (Athanassiou *et al.*, 2010). Por otro lado, la relación cantidad de adultos/cantidad de alimento utilizada en ambos experimentos fue notablemente diferente. Mientras que esta relación varió entre 0,1 y 0,2 individuos g<sup>-1</sup> de granos en el estudio de Ali *et al.* (2015), en este trabajo fue entre 5 y 10 veces mayor (1 individuo g<sup>-1</sup> de grano), lo que trae aparejado una

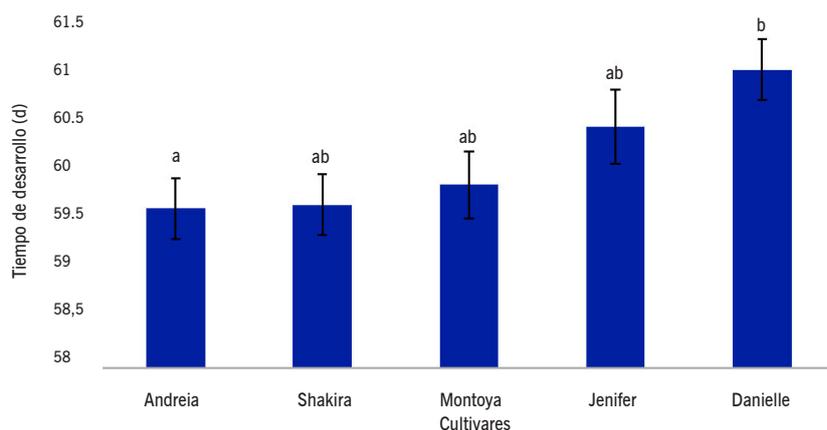
menor cantidad de alimento y de granos disponibles para oviponer, así como condiciones de hacinamiento de los insectos. En concordancia, Niewiada *et al.* (2004) evaluaron el efecto de densidades crecientes de hembras de *S. granarius* en su fecundidad, encontrando que la cantidad de huevos hembra<sup>-1</sup> fue significativamente menor en el tratamiento de mayor densidad.

**Cuadro 1.** Número de descendientes hembra<sup>-1</sup> y de huevos hembra<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> de *Sitophilus granarius* en distintos cultivares de cebada cervecera. Los valores representan la media (n= 6) ± EE.

Cultivar	N° de descendientes hembra <sup>-1</sup>	N° de huevos hembra <sup>-1</sup> día <sup>-1</sup>
Shakira	9,67 ± 1,24 a	0,97 ± 0,12 a
Danielle	9,84 ± 1,24 a	0,98 ± 0,12 a
Andreia	10,72 ± 1,24 a	1,07 ± 0,12 a
Montoya	10,92 ± 1,36 a	1,09 ± 0,14 a
Jennifer	13,57 ± 1,52 a	1,36 ± 0,15 a

Letras diferentes indican diferencias significativas entre los cultivares (P<0,05).

La variable tiempo de desarrollo difirió de manera significativa entre cultivares (Figura 1). El tiempo que necesitaron los individuos para desarrollarse en el cultivar Danielle fue mayor al registrado en aquellos que se alimentaron de Andreia, mientras que no se observaron diferencias entre los restantes cultivares. El valor mínimo de 58,63 días y el máximo de 62,25 días fueron registrados en los cultivares Montoya y Danielle, respectivamente. Ali *et al.* (2015) registraron valores en el rango de 31 a 39 días, en ensayos realizados para evaluar la influencia del grano partido en la reproducción de *S. granarius* en granos de distintos cereales, incluida la cebada. La diferencia con el tiempo de desarrollo registrado en este trabajo podría relacionarse con la temperatura, pues Ali *et al.* (2015) llevaron a cabo los ensayos a 28 °C, mientras que la temperatura media de los experimentos aquí presentados fue de 24 °C. La relación entre la temperatura y el tiempo de desarrollo para *S. granarius* fue documentada por Youssef *et al.* (2013) en trigo, donde se observaron tiempos de desarrollo medios de 37,4 días a 25 °C, 58,8 días a 20 °C y 106,4 días a 15 °C. Stephenson (1983) menciona que, además del tiempo en el que transcurren los estadios larvales, una vez llegado a adulto, el insecto permanece dentro del grano durante varios días antes de emerger, y que la prolongación de este período de tiempo está marcada por la temperatura.



**Figura 1.** Tiempo de desarrollo (media $\pm$ EE) de *S. granarius* desarrollado en distintos cultivares de cebada cervecera. Letras distintas indican diferencias significativas por la prueba de Tukey ( $P < 0,05$ ).

Los granos infestados de todos los cultivares mostraron una reducción del peso y del poder germinativo en relación con los granos utilizados como control, los cuales registraron un poder germinativo mayor al 93%. Ambas variables no mostraron diferencias significativas entre los cultivares evaluados (Cuadro 2), con una reducción de peso media de 5,32% y una reducción media del poder germinativo de 10,9%.

**Cuadro 2.** Reducción de peso (RP), reducción del poder germinativo (RPG) e índice de susceptibilidad (IS) de granos de cebada cervecera dañados por *S. granarius*. Los valores representan la media ( $n = 6$ )  $\pm$  EE.

Cultivar	RP (%)	RPG (%)	IS
Shakira	4,43 $\pm$ 0,76 a	16,67 $\pm$ 4,7 a	7,49 $\pm$ 0,21 a
Danielle	5,16 $\pm$ 0,76 a	15,00 $\pm$ 4,7 a	7,31 $\pm$ 0,21 a
Andreaia	4,96 $\pm$ 0,76 a	5,00 $\pm$ 4,7 a	7,49 $\pm$ 0,21 a
Montoya	5,66 $\pm$ 0,84 a	12,00 $\pm$ 5,15 a	7,61 $\pm$ 0,23 a
Jennifer	7,04 $\pm$ 0,93 a	3,55 $\pm$ 5,75 a	7,61 $\pm$ 0,26 a

Letras diferentes indican diferencias significativas entre los cultivares ( $P < 0,05$ ).

Mebarkia *et al.* (2010) analizaron la susceptibilidad de diferentes cultivares de trigo a *S. granarius* y observaron, en la variedad más afectada, una pérdida de peso del 3,27%. Además, en coincidencia con otros autores, detectaron una correlación positiva entre la pérdida de peso y la producción de progenie (Kucerova y Stejskal, 1994; Mebarkia *et al.*, 2010). Aunque en este trabajo no se analizó la relación entre estas variables, los resultados obtenidos parecen seguir esa tendencia, pues la mayor pérdida de peso se dio en el cultivar Jennifer, y sobre este cultivar se registró el mayor número de huevos hembra<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> (1,36  $\pm$  0,15), así como el número más elevado de insectos emergidos (13,57  $\pm$  1,52) (Cuadro 1).

Con respecto a la reducción del poder germinativo, diversos autores mencionan que los insectos que se alimentan de forma directa del grano pueden dañar el endosperma provocando pérdida de peso y calidad, y/o alimentarse del germen, afectando de forma directa su viabilidad (Kirkpatrick, 1962; Stadler, 1988; Malek y Parveen, 1989; Santos *et al.*, 1990). En este sentido, Nawrocka *et al.* (2010) analizaron la pérdida de grano de trigo causada por *S. granarius* mediante análisis digital de imágenes de rayos X, observando que la hembra generalmente ovipone en la zona del endospermo, donde la larva inicialmente produce mayor daño, aunque a lo largo de los movimientos en el interior del grano puede llegar a dañar el germen. Estas observaciones coinciden con los resultados presentados en este trabajo, ya que todos los cultivares redujeron su poder germinativo con respecto al control debido al daño de *S. granarius* (Cuadro 2).

Al momento de analizar el índice de susceptibilidad, no se encontraron diferencias significativas entre cultivares (Cuadro 2), observándose un valor medio de 7,50. Según Dobie y Kilminster (1977), este índice es un indicador de la tasa potencial de acumulación de insectos y, en este sentido, determina si el número de insectos puede crecer de forma más acelerada en un cultivar que en otro. Estos autores realizaron ensayos para evaluar la susceptibilidad de los granos de diferentes cultivos (triticale, maíz, cebada cervecera y trigo) a *S. granarius*, encontrando un valor de IS de 14,01 en cebada cervecera. Sin embargo, estos autores emplearon la oviposición de 12 hembras de *S. granarius* en lugar de las 10 usadas en este trabajo, lo que podría en cierta medida explicar las diferencias observadas, ya que un aumento en el número de hembras se podría asociar positivamente con la cantidad de progenie y, por lo tanto, con el valor de IS. Otros autores evaluaron la

susceptibilidad de diferentes variedades de trigo a *S. granarius* utilizando 10 hembras, obteniendo valores similares a los estimados en el presente trabajo (Kucerova y Stejskal, 1994; Kordan *et al.*, 2019).

Dobie (1974) asoció la susceptibilidad de los granos a insectos del género *Sitophilus* con la dureza del endosperma, y señaló que la mejora genética orientada a modificar su consistencia sería positiva para producir granos más resistentes a estos insectos. Asimismo, varios autores mencionan que las características físicas del grano (dureza del endospermo, grosor del tegumento) inciden en la susceptibilidad (Nawrot *et al.*, 2006; Fourar-Belaifa *et al.*, 2011). Por el contrario, Kordan *et al.* (2019) en su evaluación de la susceptibilidad de seis variedades de trigo a *S. granarius*, encontraron que la variación del IS no se vio afectada por características como la dureza del endospermo y la proteína del grano, ya que las variedades ensayadas fueron similares en estos factores. En cambio, sí diferían en la composición de fitoquímicos fenólicos y lipofílicos que podrían actuar como atrayentes de insectos. Además, los ácidos fenólicos son compuestos químicos responsables del nivel de compactación de las células de las capas del pericarpio

y aleurona, por lo que podrían afectar el hábito alimenticio de los insectos.

## CONCLUSIONES

En este trabajo se caracterizó, por primera vez, la susceptibilidad de diferentes cultivares de cebada cervecera al gorgojo *S. granarius*, y se describió su daño asociado. Exceptuando el tiempo de desarrollo, las demás variables evaluadas no difirieron significativamente entre diferentes cultivares, indicando que estos materiales son igualmente susceptibles al ataque de *S. granarius* bajo las condiciones evaluadas. Además, si bien los parámetros relacionados con el daño no presentaron diferencias, los granos infestados sufrieron una pérdida de peso y una reducción del poder germinativo en relación con las muestras de granos sin infestar, los cuales representan parámetros de calidad que se evalúan al momento de la comercialización. Con respecto al índice de susceptibilidad, este no presentó diferencias significativas entre los cultivares comparados, lo que indicaría que el crecimiento poblacional de *S. granarius* ocurriría de manera similar durante el almacenamiento de estas variedades de cebada cervecera.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abadía, B., Bartosik, R. y Hoyos, M. (2013). Control integrado de plagas de granos almacenados. En: Abadía, B. y Bartosik, R. (Eds.). *Manual de buenas prácticas poscosecha en granos. Hacia el agregado de valor en origen de la producción primaria. Proyecto Eficiencia de Cosecha y Postcosecha de Granos (PRECOP)*. (95-142 pp.). Buenos Aires: INTA.
- Ali, S. A. I., Ali, S. y Wang, M. (2015). The influence of grain cracked on reproduction of *Sitophilus granarius* (Coleoptera: Curculionidae) on different types of host grains. *Rev. KAMERA*, 43 (1), 67-92.
- Athanassiou, C. G., Opat, G. P. y Throne, J. E. (2010). Influence of commodity type, percentage of cracked kernel, and wheat class on population of stored product psocids (Psocoptera: Liposcelididae). *Journal of Economic Entomology*, 103 (3), 985-990. Doi: <https://doi.org/10.1603/EC09280>.
- Boccardo, M., Severina, I., Giubergia, J. P., Aymar, F. y Salinas, A. (2015). Evaluación del comportamiento productivo y de calidad comercial de cebada cervecera (*Hordeum distichum*) bajo riego suplementario en la prov. de Córdoba. Informe INTA Manfredi. Recuperado de: [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta\\_evaluacion\\_del\\_comportamiento\\_productivo\\_y\\_de\\_cal.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_evaluacion_del_comportamiento_productivo_y_de_cal.pdf)
- Cattáneo, M. y Cortese, F. (2021). Cebada: distribución varietal estimada en Argentina. Informe de Cebada cervecera. Recuperado de: <https://cebadacervecera.com.ar/cebada-distribucion-varietal-estimada-en-argentina-2021/>
- De Los Mozos Pascual, M. (1997). Plagas de los productos almacenados. *Bol. SEA*, 20, 93-109.
- Di Rienzo J., Casanoves, F., Balzarini, M., González, L., Tablada, M. y Robledo, C. (2018). InfoStat versión 2018. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. Argentina. Recuperado de: <http://www.infostat.com.ar>.
- Dobie, P. (1974). The laboratory assessment of the inherent susceptibility of maize varieties to post-harvest infestation by *Sitophilus zeamais* Motsch. (Coleoptera, Curculionidae). *Journal of Stored Products Research*, 10 (3-4), 183-197.
- Dobie, P. y Kilminster, A. M. (1977). The susceptibility of triticale to post-harvest infestation by *Sitophilus zeamais* Motschulsky, *Sitophilus oryzae* (L.) and *Sitophilus granarius* (L.). *Journal of Stored Products Research*, 10, 87-93.
- Donaire, G., Salines, J., Fraschina, J., Alberione, E., Salines, N., Gómez, D. y Conde, B. (2017). Evaluación de cultivares de cebada cervecera en campo de productores durante la campaña 2017. En: Del Pino, A. (Coord.). *Informe de actualización técnica en línea N° 10*. (118-121 pp.). Córdoba: INTA.
- Fourar-Belaifa, R., Fleurat-Lessard, F. y Bouznad, Z. (2011). A systemic approach to qualitative changes in the stored-wheat ecosystem: Prediction of deterioration risks in unsafe storage conditions in relation to relative humidity level, infestation by *Sitophilus oryzae* (L.), and wheat variety. *Journal of Stored Products Research*, 47, 48-61.
- Garnero, S. (2012). Calidad intrínseca de los granos en la poscosecha. [Tesis de maestría]. Universidad Tecnológica Nacional, Córdoba, Argentina. Recuperado de: [http://www.edutecne.utn.edu.ar/tesis/calidad\\_intrinseca\\_granos.pdf](http://www.edutecne.utn.edu.ar/tesis/calidad_intrinseca_granos.pdf)
- Gharib, M. S. y El-Laqwa, F. A. (2005). Susceptibility of barley grain varieties to *Sitophilus oryzae* (L.) and *Sitophilus granarius* (L.) infestation. *Annals of Agricultural Science, Moshotohor*, 46 (1), 461-468.
- Giménez, F. J. (2017). Ganancia genética de Cebada cervecera (*Hordeum vulgare* L.) en Argentina urante el período 1931-2007. [Tesis doctoral]. Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina. Recuperado de: <https://repositoriodigital.uns.edu.ar/bitstream/handle/123456789/3973/Tesis%20doctorado%20Fernando%20Gimenez.PDF?sequence=1&isAllowed=y>

- Hagstrum, D. W., Phillips, T. W. y Cuperus, G. (Eds.). (2012). *Stored Product Protection*. Kansas, Estados Unidos. Recuperado de: <https://bookstore.ksre.ksu.edu/pubs/s156.pdf>
- Instituto Nacional de Semillas-INASE. (2020). Catálogo nacional de cultivares. Recuperado de: <https://gestion.inase.gob.ar/consultaGestion/gestiones>
- Kiritani, K. (1959). Flying ability and some of the characters associated with *I Calandra*. *Japanese Journal of Ecology*, 9 (2), 69-74.
- Kirkpatrick, R. L. (1962). The development and habits of granary weevil, *Sitophilus granarius* within the kernel of wheat. [Tesis de maestría]. Kansas State University, Estados Unidos. Recuperado de: <https://krex.k-state.edu/dspace/bitstream/handle/2097/25623/LD2668T41962K57.pdf?sequence=1>.
- Kordan, B., Skrajda-Brdak, M., Tańska, M., Konopka, I., Cabaj, R. y Załuski, D. (2019). Phenolic and lipophilic compounds of wheat grain as factors affecting susceptibility to infestation by granary weevil (*Sitophilus granarius* L.). *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 92, 64-72. Doi: <http://dx.doi.org/10.5073/JABFQ.2019.092.009>.
- Koura, A. y El-Halfawy, M. A. (1972). Weight loss in store grains caused by insect infestation in Egypt. *Bulletin de la Societe Entomologique d'Egypte*, 56 (7), 413-417.
- Kucerova, Z. y Stejskal, V. (1994). Susceptibility of wheat cultivars to postharvest losses caused by *Sitophilus granarius* (L.) (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Plant Diseases and Protection*, 101 (6), 641-648.
- Malek, M. y Parveem, B. (1989). Effect of insect's infestation on the weight loss and viability of stored BE paddy. *Bangladesh Journal of Zoology*, 17 (1), 83-85.
- Mebarkia, A., Rahbé, Y., Guechi, A., Bouras, A. y Makhlof, M. (2010). Susceptibility of twelve soft wheat varieties (*Triticum aestivum*) to *Sitophilus granarius* (L.) (Coleoptera: Curculionidae). *Agriculture and Biology Journal of North America*, 1 (4), 571-578.
- Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca-MAGyP. (2016). Informe de cebada. Recuperado de: <https://magyp.gob.ar/new/0-0/programas/dma/granos/Informe-de-cebada.pdf>.
- Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca-MAGyP. (2019). Perfil de la Cebada. Recuperado de: [https://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/ss\\_mercados\\_agropecuarios/informes/perfil-de-cebada-2019.pdf](https://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/ss_mercados_agropecuarios/informes/perfil-de-cebada-2019.pdf).
- Nawrocka, A., Grundas, S. y Grodek, J. (2010). Losses caused by granary weevil larva in wheat grain using digital analysis of X-ray images. *International Agrophysics*, 24 (1), 63-68.
- Nawrot, J., Warchalewski, J.R., Piasecka-Kwiatkowska, D., Niewiada, A., Gawlak, M., Grudnas, S.T. y Fornal, J. (2006). The effect of some biochemical and technological properties of wheat grain on granary weevil (*Sitophilus granarius* L.) (Coleoptera: Curculionidae) development. En: *Proceedings of the 9th International Working Conference on Stored Product Protection*. (400-407 pp.). Recuperado de: [https://www.researchgate.net/publication/237734578\\_The\\_effect\\_of\\_some\\_biochemical\\_and\\_technological\\_properties\\_of\\_wheat\\_grain\\_on\\_granary\\_weevil\\_Sitophilus\\_granarius\\_L\\_Coleoptera\\_Curculionidae\\_development](https://www.researchgate.net/publication/237734578_The_effect_of_some_biochemical_and_technological_properties_of_wheat_grain_on_granary_weevil_Sitophilus_granarius_L_Coleoptera_Curculionidae_development)
- Niewiada, A., Nawrot, J., Szafranek, J., Szafranek, B., Synak, E., Jeleń, H. y Waśowicz, E. (2004). Some factors affecting egg-laying of the granary weevil (*Sitophilus granarius* L.). *Journal of Stored Products Research*, 41 (5), 544-555. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2004.11.001>.
- Puechagut, M. y Pace, I. (2016). Restricciones cuantitativas a la exportación sobre bienes sustitutos en producción: efecto sobre las decisiones de producción de cebada y trigo. Informe INTA. Recuperado de: [https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/1270/INTA\\_CICPES\\_InstdeEstudiosSociales\\_Puechagut\\_S\\_Restricciones\\_%20cuantitativas\\_ala\\_exportacion\\_sobre\\_bienes\\_sustitutos\\_cebadaytrigo.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/1270/INTA_CICPES_InstdeEstudiosSociales_Puechagut_S_Restricciones_%20cuantitativas_ala_exportacion_sobre_bienes_sustitutos_cebadaytrigo.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- Resolución N° 27/2013 MAGyP. Recuperado de: [https://magyp.gob.ar/sitio/areas/d\\_recursos\\_humanos/concurso/normativa/\\_archivos/000001\\_Resoluciones/000000\\_RESOLUCI%C3%93N%2027-2013%20Calidad%20y%20Comercializaci%C3%B3n%20de%20Cebada.pdf](https://magyp.gob.ar/sitio/areas/d_recursos_humanos/concurso/normativa/_archivos/000001_Resoluciones/000000_RESOLUCI%C3%93N%2027-2013%20Calidad%20y%20Comercializaci%C3%B3n%20de%20Cebada.pdf).
- Santos, J. P., Maia, J. D. G. y Cruz, I. (1990). Damage to germination of seed corn caused by maize weevil (*Sitophilus zeamais*) and Angoumois grain moth (*Sitotroga cerealella*). *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 25 (12), 1687-1692.
- Serantes, H. E. y de Haro, A. M. (1980). *Insectos y ácaros del grano almacenado. Biología-Daño-Control*. Buenos Aires: Talleres Gráficos "Nuestra Acción".
- Stadler, T. (1988). Caracterización taxonómica, susceptibilidad a insecticidas y resistencia a malatión en *Sitophilus oryzae* (L) (Coleóptera: Curculionidae): Plaga del grano almacenado de la República Argentina. [Tesis doctoral]. Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires, Argentina. Recuperado de: [http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis\\_2165\\_Stadler.pdf](http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis_2165_Stadler.pdf).
- Stephensons, M. C. (1983). A study of population growth of *Sitophilus oryzae* L. and *Sitophilus granarius* L. in single and mixed culture in wheat and rice. [Tesis de maestría]. Massey University, Palmerston North, Nueva Zelanda. Recuperado de: [https://mro.massey.ac.nz/bitstream/handle/10179/13751/02\\_whole.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://mro.massey.ac.nz/bitstream/handle/10179/13751/02_whole.pdf?sequence=2&isAllowed=y).
- Youssef M. O., Youssef A. D., Rasmay E. H. y Mahmoud A. M. (2013). Threshold temperature and heat unit requirements for the development of the granary weevil, *Sitophilus granarius* (L.). *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 47 (5), 555-563. Doi: <https://doi.org/10.1080/03235408.2013.814230>.