



OVIPOSICIÓN DEL GORGOJO, *Sitophilus zeamais* (Coleoptera, Curculionidae) Y CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DE MAÍCES NATIVOS DEL SURESTE DE MÉXICO

Oviposition of weevil, *Sitophilus Zeamais* (Coleoptera, Curculionidae) and morphometric characteristics of native maize from southeastern Mexico

María Alma RANGEL-FAJARDO¹; Jorge Ismael TUCUCH-HAAS¹; Yolanda Isabel CANTO-CANTO²; Felipe SANTAMARÍA-BASULTO¹; Johnny Abraham BURGOS-DÍAZ.¹

¹. Campo Experimental Mococho: Centro de Investigación Regional Sureste, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Carr. Mérida – Motul km. 25 C.P 97450, Mococho, Yucatán, México.

². Instituto Tecnológico de Conkal. Avenida Tecnológico s/n CP. 97345, Conkal, Yucatán, México.

* For correspondence: arangel_@hotmail.com

Received: 28th September 2021. Returned for revision: 14th March 2022. Accepted: 14th March 2022.

Associate Editor: Geraldo Andrade-Carvalho

Citation/ citar este artículo como: Rangel-Fajardo, M. A., Tucuch-Haas, J. I., Canto-Canto, Y. I., Santamaría-Basulto, F. y Burgos-Díaz, J.A. (2023). Oviposición del gorgojo, *Sitophilus zeamais* (Coleoptera, Curculionidae) y características morfométricas de maíces nativos del sureste de México. *Acta Biol Colomb*, 28(1), 23-28. <https://doi.org/10.15446/abc.v28n1.97513>

RESUMEN

Conocer la diversidad y usos del maíz es sustancial para la seguridad alimentaria. Las características de las semillas son importantes debido a que poseen rasgos particulares que buscan los productores para su consumo o almacenamiento. En diez materiales de maíz (siete criollos y tres variedades de polinización libre) se obtuvo información de las características morfométricas en semillas (largo, ancho, espesor y área), porcentaje de endospermo harinoso y cristalino por medio de imágenes, dureza con ayuda de un texturometro y oviposición de *Sitophilus* por medio de una técnica de tinción. Se identificaron diferencias entre todos los materiales en todas las variables analizadas. Los materiales Sac beh y Nukuch nah registraron mayor dureza, también sobresalieron en la cantidad de endospermo cristalino registrando 85 y 84 % respectivamente, sin embargo, el primero fue de los más afectados con la oviposición de *Sitophilus* con nueve huevos por cada 10 semillas en promedio, en contraste con Chac choc (semilla roja) que solo presentó un huevo por cada 10 semillas. La variabilidad dentro de los materiales criollos puede proporcionar alternativas para los programas de mejoramiento genético orientados al manejo postcosecha, poseen características que en conjunto disminuyen los efectos del ataque de *Sitophilus*.

Palabras clave: Endospermo, plagas de almacén, calidad postcosecha, color de semilla, tamaño de semilla.

ABSTRACT

Knowing the diversity and uses of corn is essential for food security. The characteristics of the seeds are important because they have particular characteristics that producers look for in their consumption or storage. In ten maize materials (seven natives and three free pollination varieties) information was obtained on the morphometric characteristics in seeds (length, width, thickness, and area), percentage of floury and crystalline endosperm through images, hardness with the help of a *Sitophilus* texturometer and oviposition through of a staining technique. Differences were identified between all the materials in all the variables analyzed. The Sac beh and Nukuch nah materials registered higher hardness, they also excelled in the amount of crystalline endosperm registering 85 and 84% respectively, however, the Sac beh was one of the most affected with the oviposition of *Sitophilus* with nine eggs per 10 seeds on average, in contrast to Chac choc (red seed) which was not affected. The variability within the native materials can provide

alternatives for genetic improvement programs oriented to postharvest handling and have characteristics that together reduce the effects of the *Sitophilus* attack.

Keywords: Endospermo, stored pests, postharvest quality, seed color, seed size.

INTRODUCCIÓN

La diversidad del maíz en Latinoamérica permite seleccionar los mejores maíces para los diferentes ambientes y condiciones socioeconómicas. Este cereal forma parte de la dieta básica en varios países, principalmente en México, durante 2019 el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) se reportan siembras por 7 483 776 ha con una producción de 27 856 573 ton (SIAP, 2019), donde el 79 % corresponden a siembras que dependen del régimen de lluvias (temporal). Estas siembras de temporal se caracterizan por el uso de semillas criollas o nativas (García-Salazar y Ramírez-Jaspeado, 2014). En el estado de Yucatán, la actividad de conservar y proteger los materiales criollos o nativos de la zona ha presentado un auge. Solamente el 7,5 % de productores usaban semillas mejoradas, el 92,5 % de los productores emplean semillas criollas (SIAP, 2019). La mayoría de los productores mantienen sus cosechas en los terrenos como estrategia de conservación del maíz, sin embargo, se presenta con frecuencia pérdidas por ataque de pájaros, roedores y el gorgojo (*Sitophilus Zeamais* Motschulsky), principal plaga del grano o semilla de maíz.

Esta plaga se ve favorecida en ambientes del trópico donde causa hasta un 80 % de pérdidas, muchas de estas afectaciones vienen desde el campo y son llevadas al almacén, donde puede perderse la cosecha en un lapso no mayor a seis meses si no se da un manejo adecuado (García-Lara *et al.*, 2003; Palafox-Caballero *et al.*, 2008; Cerna *et al.*, 2010).

Por otro lado, algunas características morfológicas de los granos del maíz pueden conferir tolerancia o susceptibilidad al ataque de plagas (García-Lara *et al.*, 2003), estas características son empleadas por *S. Zeamais* para poder definir sus hábitos de oviposición y perpetuar su especie. Los granos pequeños que son duros y compactos conducen a una resistencia a la infestación por *S. Zeamais* (Lemić *et al.*, 2021). La identificación de las características que pueden conferir tolerancia o susceptibilidad al ataque de plagas pueden facilitar las detecciones tempranas de infestaciones y reducir pérdidas económicas (Wakefield *et al.*, 2005)

Con base en lo anterior se planteó el presente trabajo, con el objetivo de identificar algunas características, en materiales criollos y mejorados, que limiten o reduzcan el ataque de *S. Zeamais*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal. Se empleó un total de 10 materiales de maíz., siete materiales criollos que fueron etiquetados con el nombre local que los productores proporcionaron, Blanco Xnuc Nal, Amarillo 3.5 meses, Blanco 3.5 meses, Chac Choc

4 meses, Gallito Blanco, Blanco 4 meses y Criollo Rosado, obtenidos de productores locales de las comunidades de Libre Unión, Municipio de Yaxcaba y Xoy, Municipio de Peto en Yucatán, México. Tres variedades de polinización libre generadas por el INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias), Sac Beh, Blanco Uxmal y Nukuch Nah. Todos los materiales fueron obtenidos de la cosecha del ciclo PV 2019. Se verificó la calidad sanitaria de los lotes de semillas, para descartar la presencia de insectos, o granos dañados o quebrados (Cuadro 1).

Cuantificaciones morfométricas. En 300 semillas de cada uno de los materiales se obtuvo el largo, ancho y espesor de forma individual, con los datos se generaron promedios y la desviación estándar. El peso de 1000 semillas se realizó de acuerdo con la metodología de Moreno (1996).

El área del grano y la cantidad de endospermo harinoso y endospermo cristalino se estimó en 25 semillas de cada material, los granos se lijaron con lija al agua de 60 granos sobre la cara posterior al escutelo, hasta que se observaron claramente las partes del grano. La imagen se obtuvo con ayuda de un escáner modelo HP Scanjet 300 con calidad 300 dpi en formato jpg. El análisis de las imágenes se realizó con el procesador de imágenes ImageJ, de acuerdo con las especificaciones de González (2018). Las variables obtenidas fueron, área del grano, área de endospermo cristalino y área de endospermo harinoso expresados en cm². Las dos últimas variables se expresaron en porcentaje con respecto al área total de la semilla para el análisis estadístico.

Dureza del grano. 25 semillas por material fueron sometidas a análisis de dureza de acuerdo con la metodología propuesta por Blandino *et al.* (2010). Se

Cuadro 1. Identificación de los materiales de maíz empleados.

Nombre del material	Tipo de material	Color de grano
Blanco Xnuc nal	Criollo	Blanco
Amarillo 3.5 m*	Criollo	Amarillo
Blanco, 3.5 m	Criollo	Blanco
Chac choc, 4 m	Criollo	Rojo
Gallito blanco	Criollo	Blanco
Blanco, 4 m	Criollo	Blanco
Criollo rosado	Criollo	Rosa
Sac beh	Variedad polinización libre	Blanco
Nukuch nah	Variedad polinización libre	Amarillo
Blanco Uxmal	Variedad polinización libre	Blanco

*m=meses

utilizó un analizador de textura marca LLOYD Instruments modelo TA plus con una probeta cilíndrica de acero de 2 mm de diámetro con punta plana la cual comprimió el grano con una extensión de 2 mm a una velocidad de 1 m/s. Los resultados se expresan en carga de rompimiento en newtons (N).

Población de gorgojos. Se colectaron *Sitophilus zeamais* Mostch en bodegas de almacenamiento del Sitio Experimental Uxmal INIFAP. Los insectos se identificaron y fueron colocados en frascos de plástico con capacidad de un litro de volumen, en la tapa se confecciono una ventana cubierta por una malla, para facilitar la ventilación, se proporcionaron 500 g de semilla de maíz para su alimentación. Los frascos fueron monitoreados cada 15 días para eliminar insectos muertos y suministrar granos de maíz nuevos.

Oviposición de gorgojos. Se utilizaron diez semillas de cada material, las cuales se colocaron en cajas Petri con cinco pares de gorgojos jóvenes (esclerosados café-rojizo). Cada material estuvo repetido 5 veces. Las cajas fueron reservadas por una semana a temperatura y humedad ambiente (30° C y 50 %HR) posteriormente se retiraron los insectos y se procedió teñir las semillas para identificar los sitios de oviposición. Para la tinción se siguió la metodología de Frankenfeld (1948) modificada por Sharifi (1972), donde las semillas fueron sumergidas por 60 segundos en agua destilada, posteriormente por 45 segundos en la solución de ácido fucsínico y finalmente se enjuagan con agua para retirar el excedente de tinte. Cada semilla fue observada bajo estereoscopio marca Leica, se registró el número de perforaciones presentes por semilla.

Análisis de datos. Las cuantificaciones morfológicas se analizaron en un diseño completamente al azar. Las variables fueron analizadas con el paquete estadístico SAS 9.1®. Las variables obtenidas en porcentaje fueron transformadas con arcoseno antes del análisis. La comparación de medias fue con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) y los resultados se expresaron en la unidad original.

RESULTADOS

El tamaño del grano fue diferente en los materiales evaluados, las medidas obtenidas en los tres planos arrojaron diferencias ($p \leq 0.05$), el grano más largo fue el del material criollo rosado con 12,65 mm mientras que Gallito blanco registró el valor más bajo (9,58 mm); en el ancho Chac choc superó al resto de materiales y en espesor sobresalió Blanco Uxmal (Figura 1). Cabe mencionar que en el caso los materiales que reportaron mayor largo o mayor ancho fueron los que registraron menor espesor.

En cuanto al área del grano, (Figura 1) el material gallito blanco registró los menores valores. Por otro lado, en cuanto al tipo de endospermo presente en las semillas, se presentaron diferencias en el porcentaje de endospermo harinoso, el material Blanco 3,5 M fue superior registrando 32 % de endospermo harinoso, mientras que para el endospermo cristalino los materiales Nukuch nah y blanco Xnuc nah sobresalieron en con 85 y 86 % respectivamente, aunque no son estadísticamente diferentes de Amarillo 3.5, Gallito blanco y Sac beh (Figura 2).

En cuanto a la dureza Sac Beh y Nukuch Nah fueron los materiales con grano de mayor dureza, éstos requirieron de 171,9 y 167,7 N de fuerza para el rompimiento del grano. Los materiales con grano de menor dureza fueron Blanco 4 m, Gallito Blanco, Chac Choc y Blanco 3,5 m con un intervalo de 83,0 a 93,5 N de fuerza para el rompimiento del grano.

Estos resultados presentaron correlaciones de 0,24 y 0,21 con el endospermo cristalino y harinoso respectivamente, es decir, aunque los materiales Blanco Xnuc nah y Nukuch nah con mayor porcentaje de endospermo cristalino no fueron los que requirieron de mayor fuerza para poder ser fracturados, lo que indica que existen otras características que confieren la resistencia a presentar algún tipo de daño (Figura 2).

La cantidad de huevecillos localizados en las semillas de maíz presentaron diferencias ($p \leq 0.05$), todos los materiales registraron presencia de huevecillos, pero con diferente severidad, Sac beh registró el mayor número de huevecillos en las muestras con una incidencia promedio de nueve huevos por cada 10 semillas con una severidad del 88 %, mientras que los materiales gallito blanco y chac choc 4 M en promedio tiene 1 y 2 huevos por cada 10 semillas con severidad de 2 y 4 % respectivamente.

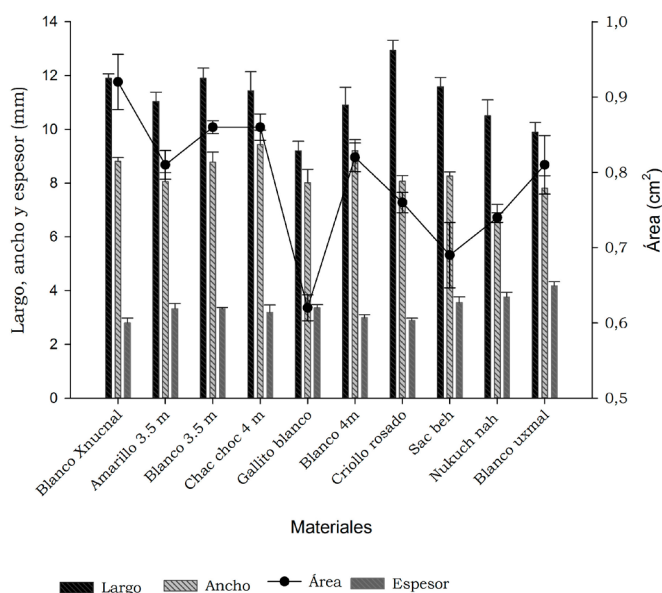


Figura 1. Promedio y desviación estándar de las características morfológicas y área de las semillas de materiales de maíz evaluados.

DISCUSIÓN

Los materiales nativos presentes en la península de Yucatán México presentan características que les permiten adaptarse a las condiciones ambientales, así el material gallito blanco se caracteriza por ser de ciclo de producción corto (de dos meses o menos) por lo que se obtienen mazorcas y granos de tamaño pequeño lo que coincide con lo reportado por Figueroa *et al.* (2013) estos materiales están clasificados dentro del grupo racial de razas indígenas antiguas. Los materiales que registran ciclos de producción intermedio a largo (de tres meses y medio a cuatro meses) presentan características de largo, ancho y espesor superior a las variedades de ciclo corto, como es el caso del gallito.

De acuerdo con Narváez *et al.* (2007) existe relación directa del tipo de endospermo y la dureza que pueden presentar los granos, ellos reportan correlaciones de 0,36 y 0,45 dependiendo del tamaño del granulo de almidón presentes en el endospermo. Por otro lado, Tester *et al.* (2004) indican que los gránulos de almidón del endospermo se encuentran embebidos en una matriz proteica que les atribuye rigidez y por lo tanto dureza. En este estudio los materiales que necesitaron mayor fuerza para presentar ruptura son los materiales que fueron sometidos a mejoramiento genético tradicional (Sac Beh, y Nukuch Nah), ambos materiales son el resultado de retrocruza con un material de alto contenido proteico, confiriéndole esta particularidad (Aguilar *et al.*, 2010).

Durante el almacenamiento, estas características también presentan importancia, de acuerdo con García-Lara y Bergvinson (2007) se puede identificar y correlacionar la resistencia de los diferentes materiales al ataque de plagas como el caso de *S. zeamais* y *P. truncatus*; sin embargo, esta respuesta es diferente dependiendo del tipo de material evaluado. La dureza de la semilla de maíz está

relacionada con la cantidad de fenoles que se localizan el pericarpio, ya que la proporción de endospermo cristalino: harinoso presentó baja correlación con la dureza (Bourne-Murrieta *et al.*, 2014; Cabrera-Soto *et al.*, 2009). López-Castillo *et al.* (2018) atribuyen a mecanismos de antibiosis y antixenosis a la respuesta de preferencia a ciertos materiales sobre otros. En este estudio el material de mayor dureza fue Sac beh, por lo que podría suponerse que no sería atractivo para la ovoposición del insecto, sin embargo fue el que presentó la mayor afectación, esta respuesta puede deberse a lo planteado por Oloyede y Adetumbi (2017) que observaron materiales de alto contenido proteico, los cuales registraron mayores daños y mayor población de insectos en contraste con los materiales convencionales. En este sentido Demisse *et al.* (2015) encontraron alta variabilidad en materiales de alto contenido proteico, sin embargo, identificaron líneas con resistencia moderada a los daños ocasionados por *Sitophilus* que están relacionadas con otras características físicas y anatómicas del grano tales como la dureza, el color y el tamaño del grano, así como la cobertura de la mazorca. En este trabajo, los materiales blancos, Sac beh y Blanco Uxmal, se ven más afectados, registrando alta oviposición, varios autores atribuyen este comportamiento a la presencia baja presencia de fenoles concentrados en el pericarpio y capa de aleurona de las semillas (Nwosu, 2016; Ngom *et al.*, 2021; López-Castillo *et al.*, 2018). Caso contrario ocurrió con las muestras de semillas de color (rojos y amarillos), los cuales presentaron baja presencia de insectos.

Existe varias características que por sí solas no confieren protección a la semilla de maíz, sin embargo, la combinación de varias características pueden contribuir a reducir las pérdidas por ataque del gorgojo (Tefera *et al.* 2011). En este estudio se material gallito blanco fue la semilla más pequeña y a pesar de ser un material blanco no fue afectado por las

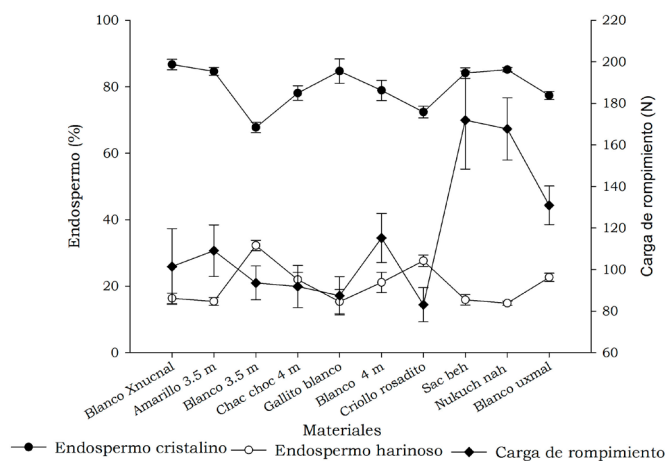


Figura 2. Promedio y desviación estándar del porcentaje de endospermo harinoso y cristalino y carga de rompimiento en las semillas de maíz de los materiales evaluados.

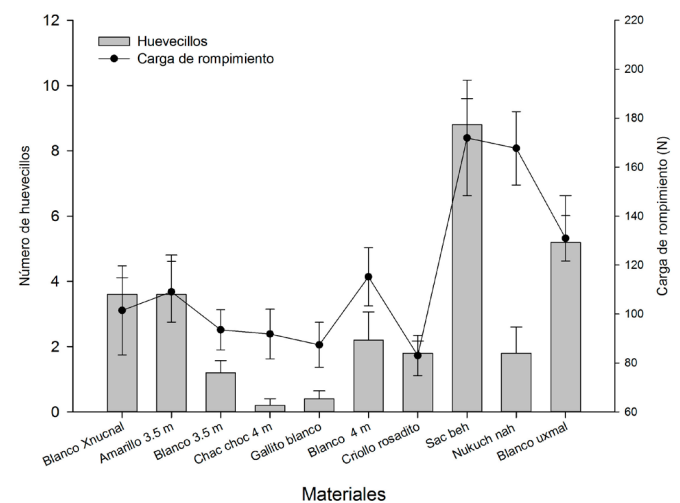


Figura 3. Oviposición de *Sitophilus zeamais* Mostch y dureza de las semillas de maíz de los materiales evaluados.

ovoposiciones, aunado a que fue uno de los materiales con más del 85 % de endospermo cristalino, la combinación de estas características puede estar influyendo en la preferencia del insecto.

CONCLUSIONES

Los materiales criollos evaluados presentaron menor preferencia por *S. zeamais* para ovipositar. Las características evaluadas en conjunto son estrategias que han contribuido a reducir las pérdidas en los materiales criollos. Las características de las semillas de maíz actúan conjuntamente para aprovechar algún nivel de protección ante ataque del *S. zeamais*. Estas características deben ser tomadas en cuenta en los programas de mejoramiento genético orientado al manejo postcosecha.

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias por el financiamiento del proyecto SIGI 119493771 “Uso de epazote (*Chenopodium ambrosioides* L.) para el control de gorgojo (*Sitophilus zeamais* Mostchulsky) en semillas almacenadas de maíz (*Zea mays* L)”

REFERENCIAS

- Aguilar C. G., Gómez M. N. O., Torres P. H., Vázquez C. G. (2010) Sac-beh y Chichen itza: Variedades de calidad proteínica para el sistema de roza-tumba y quema de la Península de Yucatán. Instituto Nacional de Investigaciones Forestal Agrícola y Pecuaria (INIFAP). Folleto técnico No. 3. Campo Experimental Mococho Yucatán. México. 28p.
- Blandino M., Mancini C. M., Peila A., Rolle L., Vanara F., Reyneri A. (2010) Determination of maize kernel hardness: comparison of different laboratory tests to predict dry-milling performance. *J Sci Food Agric.* 90 (11), 1870-1878. <https://doi.org/10.1002/jsfa.4027>
- Bourne-Murrieta L. R., Wong-Corral J., Borboa-Flores J., and Cinco-Moroyoqui J. F. (2014) Daños causados por el barrenador mayor de los granos *Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleóptera: Bostrichidae) en maíz y ramas de plantas silvestres. *Rev Chapingo Ser Cienc For y del Ambient.* 20(1):63-75. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2013.03.008>.
- Cabrera-Soto M. L., Salinas-Moreno Y., Velázquez-Cardelas G. A., Espinosa, T. E. (2009) Contenido de fenoles solubles e insolubles en las estructuras del grano de maíz y su relación con propiedades físicas. *Agrociencia.* 43(8):827-839.
- Cerna C. E., Guevara A. L., Landeros F. J., Ochoa F. Y., Badii H. Z. M., Olalde P. V. (2010) Evaluación de aceites y extractos vegetales para el control de *Sitophilus zeamais* y su efecto en la calidad de semilla de maíz. *Rev Fac Cienc Agrar.* 42(1):135-145.
- Demisse G., Tilahun B., Dida M., Teklewold A., Wegary D. (2015) Evaluation of quality protein maize inbred lines for resistance to maize weevil *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: curculionidae) and other important agronomic traits. *Euphytica.* 205(1):137-150. <https://doi.org/10.1007/s10681-015-1412-5>
- Figueroa C. J de D., Narváez G. D., Mauricio S. A., Taba S., Gaytán M. M., Véles J. J., Rincón S. F., Aragón C. F. (2013) Propiedades físicas del grano y calidad de los grupos reciales de maíces nativos (criollos) de México. *Rev Fitotec Mex.* 36(3-a):305-314.
- Frankenfeld J. C. (1948) Staining methods for detecting weevil infestation in grain. *USDA Bulletin of Entomology R Q. E-T. Series 256*, 1-4.
- García-Lara S., Burt J. A., Serratos A. J., Díaz P. D., Arnason J. T. y Bergvinson D. (2003) Defensas naturales en el grano de maíz, al ataque de *Sitophilus zeamais* (Motsch, Coleoptera: Curculionidae) Mecanismos y bases de la resistencia. *REB. Revista de Educación Bioquímica* 22:138-145.
- García-Lara S. y Bergvinson D. J. (2007) Programa integral para reducir pérdidas poscosecha en maíz. *Agricultura Técnica en México.* 33(2):181-189.
- García-Salazar J. A. y Ramírez-Jaspeado R. (2014) El mercado de la semilla mejorada (*Zea mays* L.) en México. Un análisis del saldo comercial por entidad federativa. *Rev Fitotec Mex.* 37(1): 69-77.
- González A. (2018) Image J: una herramienta indispensable para medir el mundo biológico. *Folium.* 1(9):6-17.
- González-Cortés N., Silos-Espino H., Estrada C. J. C., Chávez-Muñoz J. A., Tejero J. L. (2016) Características y propiedades del maíz (*Zea mays* L.) criollo cultivado en Aguascalientes, México. *Rev Mexicana Cienc Agric.* 7(3):669-680.
- Jiménez-Juárez J. A., Arámbula-Villa G., de la Cruz- Lázaro E., Aparicio-Trapala M. A. (2012) Características del grano, masa y tortilla producida con diferentes genotipos de maíz del trópico mexicano. *Universidad y Ciencia.* 28:145-152.
- Lemić D., Šimunović K., Pajač Ž. I. (2021) Harfulness of two species of weevils (*Sitophilus granarius* L. and *Sitophilus Zeamais* Motsch.) on different maize hybrids. *J Cent Eur Agric.* 22(1):178-187. DOI:/10.5513/JCEA01/22.1.3113
- López-Castillo M. L., Silva-Fernández E. S., Winkler R., Bergvinson J. D., Arnason T. J., García-Lara S. (2018) Postharvest insect resistance in maize. *J Stored Prod Res.* 77:66-76. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2018.03.004>
- Moreno E. (1996) Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. Programa

- universitario se alimentos. Ciudad de México. p. 259-260.
- Narváez G. E. D., Figueroa de D. C. J., Taba S., Castaño T. E., Martínez P. R. A. (2007) Efecto del tamaño del gránulo de almidón de maíz en sus propiedades térmicas y de pastificado. *Rev Fitotec Mex.* 30(3):269-277.
- Ngom D., Fauconnier M. L., Malumba P., Thiaw C., Brévault T., Sembéne M. (2021) Morphophysical and biochemical traits involved in maize grain varietal susceptibility to the maize weevil, *Sitophilus zeamais* (Coleoptera, Curculionidae). *Biotechnol Agron Soc Environ.* 25(1):45-56.
- Nwosu L. C. (2016) Chemical bases for maize grain resistance to infestation and damage by the maize weevil, *Sitophilus zeamais* Motschulsky. *J Stored Prod Res.* 69:41-50. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jspr.2017.01.005>
- Oloyede-Kamiyo Q. O., Adetumbi J. A. (2017) Relationship between seed physical traits and maize weevil (*Sitophilus zeamais*) damage parameters in selected Quality Protein Maize (QPM) varieties. *J Stored Prod Res.* 73:42-46. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2017.06.003>
- Palafox-Caballero A., Sierra-Macías M., Espinosa-Calderón A., Rodríguez-Montalvo F. y Becerra- León. (2008) Tolerancia a infestación por gorgojos (*Sitophilus* spp.) en genotipos de maíz comunes y de alta calidad proteínica. *Agron Mesoam.* 19:39-46.
- Sharifi S. (1972) Oviposition site and egg plug staining as related to development of two species of *Sitophilus* in wheat kernels. *Zeitschrift f. ur Angewandte Entomologie.* 71:428-431.
- Servicio de información Agropecuaria y Pesquera (SIAP) (2019). <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119> Consultado el 30/03/2021
- Tefera T., Mugo S., Likhayo P. (2011) Effects of insect population density and storage time on grain damage and weight loss in maize due to the maize weevil *Sitophilus zeamais* and the larger grain borer *Prostephanus truncatus*. *Afr J Agric Res.* 6(10):2249-2254.
- Tester F. R., Karkalas J., Qi X. (2004) Starch- composition, fine structure and architecture. *J Cereal Sci.* 39:151-165. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2003.12.001>
- Wakefield M. E., Bryning G. P., Chambers J. (2005) Progress towards a lure to attract three stored product weevils, *Sitophilus zeamais* Motschulsky, *S. oryzae* (L.) and *S. granarius* (L.) (Coleoptera: Curculionidae). *J Stored Prod Res.* 41:145-161. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2004.01.001>