

## Vegetable extracts evaluation as a control alternative for two stored corn pests, *Sitophilus zeamais* (Motschulsky) and *Prostephanus truncatus* (Horn)

### Evaluación de extractos vegetales como una alternativa de control para dos plagas de maíz almacenado, *Sitophilus zeamais* (Motschulsky) y *Prostephanus truncatus* (Horn)

Esquivel-Rivera, J. A.<sup>1</sup> , Tafoya, F.<sup>2</sup> , López-Muraira, I. G.<sup>3</sup> ,  
Silos-Espino, H.<sup>1</sup> , Carrillo-Rodríguez, J. C.<sup>4</sup> , Perales-Segovia, C.<sup>1\*</sup> 

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico El Llano Aguascalientes, km 18 de la carretera Aguascalientes-San Luis Potosí, El Llano, Aguascalientes, México; <sup>2</sup>Departamento de Biología. Universidad Autónoma de Aguascalientes, Av. Universidad 940, C.P. 20100. Aguascalientes, Aguascalientes, México. <sup>3</sup>Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tlajomulco, Km10 carretera Tlajomulco-San Miguel Cuyutlán, Jalisco, México. <sup>4</sup>Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Valle de Oaxaca. Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, México.

**Cite this paper/Como citar este artículo:** Esquivel-Rivera, J. A., Tafoya, F., López-Muraira, I. G., Silos-Espino, H., Carrillo-Rodríguez, J. C., Perales-Segovia, C.(2022). Vegetable extracts evaluation as a control alternative for two stored corn pests, *Sitophilus zeamais* (Motschulsky) and *Prostephanus truncatus* (Horn). *Revista Bio Ciencias* 9, e1282 doi: <https://doi.org/10.15741/revbio.09.e1282>



#### ABSTRACT

Weed plants associated with the corn agroecosystem were collected in three municipalities of Aguascalientes with the aim of evaluating, under laboratory conditions, the effect of ethanolic and infusion extracts for the control of *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae) and *Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae) in stored corn grains. Through olfactometric tests, it was determined that infusions of *Bromus catharticus* Vahl. (80 %) and *Verbena bipinnatifida* Nutt. (40 %) were those that generated the greatest repellency. In ethanolic extracts, the highest repellency occurred with *Parthenium hysterophorus* L. (80 %) followed by *Pennisetum clandestinum* Hochst. ex Chiov. (75 %) and *Nicotiana glauca* Graham. (70 %). In a second toxicity test with the extracts with the highest repellency, the highest

#### Article Info/Información del artículo

Received/Recibido: October 10<sup>th</sup> 2022

Accepted/Aceptado: May 17<sup>th</sup> 2022.

Available on line/Publicado: June 06<sup>th</sup> 2022.

#### RESUMEN

Se colectaron plantas arvenses asociadas con el agroecosistema maíz en tres municipios de Aguascalientes con el objetivo de evaluar, en condiciones de laboratorio, el efecto de sus extractos etanólicos y por infusión para el control de *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae) y *Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae) en granos de maíz almacenado. Por medio de pruebas de olfactometría se determinó que las infusiones de *Bromus catharticus* Vahl. (80 %) y *Verbena bipinnatifida* Nutt. (40 %) generaron mayor repelencia. En los extractos etanólicos, la mayor repelencia ocurrió con *Parthenium hysterophorus* L. (80 %) seguido de *Pennisetum clandestinum* Hochst. ex Chiov. (75 %) y *Nicotiana glauca* Graham. (70 %). En una segunda prueba de toxicidad con los extractos con mayor repelencia, la mayor mortalidad en *S. seamaiz* la produjo la infusión de *Bromus catharticus* Val. (57.5 %) seguido por el extracto etanólico de tabaquillo *Nicotiana glauca* (Graham) (47.5 %). En el caso de *P. truncatus* también el extracto en infusión de *B. catharticus* produjo un 70 % de mortalidad y un 62.5 % con el extracto

#### \*Corresponding Author:

Catarino Perales-Segovia. Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico El Llano Aguascalientes, km 18 de la carretera Aguascalientes-San Luis Potosí, El Llano, Aguascalientes, México. E-mail: [cperales55@hotmail.com](mailto:cperales55@hotmail.com)

mortality on *S. seamaiz* was produced by the infusion of *Bromus catharticus* Val. (57.5 %) followed by the ethanolic extract of *Nicotiana glauca* (Graham) (47.5 %). In the case of *P. truncatus* also the infusion extract of *B. catharticus* produced 70 % mortality and 62.5 % with the ethanolic extract of *Reseda luteola* L. According to these results, extracts of these plants could be used for the control of *S. zeamais* and *P. truncatus* in an ecological pest management program of stored corn.

---

## KEY WORDS

---

*Zea mays*, *Bromus catharticus*, *Reseda luteola*, stored corn.

---

## Introduction

Maize *Zea mays* L. is a crop of great importance for food in Mesoamerican cultures; its availability requires that the crop be stored for extended periods of time. It is under these storage conditions that several insects feed on the grain and cause economic losses (Safitri *et al.* 2018). The corn weevil, *Sitophilus zeamais* (Motschulsky) and the large grain borer *Prostephanus truncatus* (Horn), are the most important pests of stored corn (Birkinshaw & Smith, 2000; Ribeiro *et al.* 2007; Demissie *et al.* 2015) causing losses of up to 30 % (Martinez *et al.* 2013). To reduce damage to stored grains, physical control methods (extreme temperatures, controlled atmospheres) and chemical methods (phosphine) are used, the latter can cause adverse effects on humans such as blisters, headaches, dizziness, bronchitis, and motor problems, among others (Reyna *et al.* 2012). An alternative to this problem could be plant extracts for the management of warehouse pests, but it is necessary to generate information to understand their action in toxicological aspects, as well as their extraction and application methods (Athanasios *et al.* 2014b).

It is recognized beforehand how plants and other biological products have benefited humanity (Akkoc *et al.* 2019). In the last 35 years, several plant species with insecticidal properties and low environmental impact, such as those associated with traditional agroecosystems, have been studied in Latin America (Pérez *et al.* 2017). In specific, plant extracts for pest management of stored products offer a traditional and economically viable alternative use. A parallel aspect is

etanólico de *Reseda luteola* L. De acuerdo con lo anterior, los extractos de estas plantas podrían usarse para el control de *S. zeamais* y *P. truncatus* en un programa de manejo ecológico de plagas de maíz almacenado.

---

## PALABRAS CLAVE

---

*Zea mays*, *Bromus catharticus*, *Reseda luteola*, maíz almacenado.

---

## Introducción

El maíz *Zea mays* L. es un cultivo de gran importancia para la alimentación en culturas de Mesoamérica; su disponibilidad requiere que la cosecha se almacene por largos periodos de tiempo. Es en estas condiciones de almacenaje donde diversos insectos se alimentan del grano y causan pérdidas económicas (Safitri *et al.* 2018). El gorgojo del maíz, *Sitophilus zeamais* (Motschulsky) y el barrenador grande de los granos *Prostephanus truncatus* (Horn), son las plagas más importantes del maíz almacenado (Birkinshaw & Smith, 2000; Ribeiro *et al.* 2007; Demissie *et al.* 2015) ya que causan pérdidas de hasta del 30 % (Martínez *et al.* 2013). Para aminorar los daños en granos almacenados se utilizan métodos de control físicos (temperaturas extremas, atmosferas controladas) y métodos químicos (fosfina), éstos últimos pueden causar efectos adversos en el humano como ampollas, dolor de cabeza, mareos, bronquitis y problemas motores, entre otros (Reyna *et al.* 2012). Una alternativa para esta problemática pueden ser los extractos vegetales para el manejo de plagas de almacén, por lo que es necesario generar información para entender su acción en aspectos toxicológicos, así como sus formas de extracción y aplicación (Athanasios *et al.* 2014).

De antemano se reconoce como las plantas y otros productos biológicos han beneficiado a la humanidad (Akkoc *et al.* 2019). En los últimos 35 años, en Latinoamérica se han estudiado diferentes especies de plantas con propiedades insecticidas y con bajo impacto ambiental, como las asociadas a los agroecosistemas tradicionales (Pérez *et al.* 2017). En particular, los extractos vegetales para manejo de plagas de productos almacenados ofrecen una alternativa de uso tradicional y económicamente viable. Un aspecto paralelo es el actualizar la normatividad

to update regulations to recognize these alternatives and continue promoting the development and application of this kind of product (Stevenson *et al.* 2014).

For stored grain pests, the use of powders as a preventive action has been evaluated (Baek *et al.* 2013) since it is reported that once the insect is introduced into the grain, the extracts substantially diminish impact (Athanassiou & Kavallieratos, 2014a). In detail, for *S. zeamais*, the ethanolic extract of *Pimenta pseudocaryophyllus* (Myrtaceae) reduced the damage and, therefore, could be used as a bioinsecticide (Ribeiro *et al.* 2015). Although infusions may represent a more ecological (solvent-free) alternative, Lannacone *et al.* (2005) report that none of the aqueous extracts of *Coriandrum sativum* L. (Apiaceae), *Caesalpinia spinosa* (Mol.) Kuntze (Fabaceae), *Bidens pilosa* L. (Asteraceae) and *Sambucus peruviana* HBK (Caprifoliaceae) on adults of *S. zeamais* obtained more than 40 % mortality.

The effectiveness of plant extracts is associated with secondary metabolites such as terpenes, steroids, coumarins, flavonoids, phenolic acids, lignins, xanthenes, and anthraquinones (Ogunleye & Adeferni, 2007). These metabolites have been related to plant families that can function as biopesticides. Thus, in grasses there are cyanohydrins in the leaves and phenols in the roots; for the Brassicaceae family are mainly glucosinates such as isothiocyanates; in the Meliaceae (Neem), terpenoids, limonoids, and flavonoids such as azadirachtin (Kokalis-Burelle & Rodríguez-Kábana, 2006). Likewise, herbivores can develop their own survival strategies. Pérez *et al.* (2008) found metabolites in larvae of the butterfly *Battus philenor* (L.) from its host *Aristolochia californica* (Torrey), produced with the purpose of frightening predation. Currently, many of the new products of plant origin with the ability to control pests are phenolics and limonoids from plants of the Meliaceae (azadirachtin) and Leguminosae (rotenone) families (Cespedes *et al.* 2016); being more and more reports of plant extracts as a low environmental impact alternative for the management of insect pests (González & Horiński, 2018). Considering the food and cultural importance of maize cultivation in Mexico, the need to promote the use of local, accessible biotic resources, as well as to have sustainable alternatives for pests in stored grains; this study aimed to evaluate the effects of plant extracts associated with the maize agroecosystem for the control of two of the pests of stored maize, *S. zeamais*, and *P. truncatus*.

para reconocer estas alternativas y seguir promoviendo el desarrollo y aplicación de este tipo de productos (Stevenson *et al.* 2014).

Para plagas de granos almacenados se ha evaluado el uso de polvos como acción preventiva (Baek *et al.* 2013) pues se reporta que una vez que el insecto se introduce al grano, los extractos disminuyen sustancialmente su efecto (Athanassiou & Kavallieratos, 2014). Específicamente para *S. zeamais*, el extracto etanólico, de la planta *Pimenta pseudocaryophyllus* (Myrtaceae) redujo el daño y, por lo tanto, puede emplearse como bioinsecticida (Ribeiro *et al.* 2015). Si bien las infusiones pueden representar una alternativa más ecológica (libre de solventes), Lannacone *et al.*, (2005) reportan que ninguno de los extractos acuosos de *Coriandrum sativum* L. (Apiaceae), *Caesalpinia spinosa* (Mol.) Kuntze (Fabaceae), *Bidens pilosa* L. (Asteraceae) y *Sambucus peruviana* HBK (Caprifoliaceae) sobre adultos de *S. zeamais* obtuvo más de 40 % de mortandad.

La efectividad de los extractos de plantas se asocia con metabolitos secundarios como terpenos, esteroides, cumarinas, flavonoides, ácidos fenólicos, ligninas, xantonas y antraquinónicos (Ogunleye & Adeferni, 2007). Estos metabolitos se han relacionado con las familias de plantas que pueden funcionar como bioplaguicidas. Es así como en las gramíneas se ubican las cianhídricas en las hojas y fenoles en las raíces; para la familia Brassicaceae son principalmente glucosinatos como isotiocianatos; en las Meliáceas (Neem), son terpenoides, limonoides y flavonoides como la azadiractina (Kokalis-Burelle & Rodríguez- Kábana, 2006). Así mismo, los herbívoros pueden desarrollar sus propias estrategias de sobrevivencia, Pérez *et al.* (2008), encontraron metabolitos en larvas de la mariposa *Battus philenor* (L.) a partir de su hospedero *Aristolochia californica* (Torrey), producidos con la finalidad de disuadir la depredación. Actualmente, muchos de los nuevos productos de origen vegetal con capacidad de controlar plagas son fenólicos y limonoides de plantas de las familias Meliaceae (azadirachtin) y Leguminosae (rotenona) (Cespedes *et al.* 2016); siendo cada vez más los reportes de extractos de plantas como alternativa de bajo impacto ambiental para el manejo de insectos plaga (González & Horiński, 2018). Considerando la importancia alimentaria y cultural del cultivo del maíz en México, la necesidad de fomentar el uso de recursos bióticos locales, accesibles, así como contar con alternativas sustentables para las plagas en granos almacenados; este estudio se planteó el evaluar los efectos de extractos de plantas asociadas al agroecosistema maíz para el control de dos de las plagas del maíz almacenado, *S. zeamais* y *P. truncatus*.

## Material and Methods

### Plant collection and identification.

Whole plants were collected in three sites cultivated with maize in three municipalities of the State of Aguascalientes: Pabellón de Arteaga (N21°59.836" W102°15.888"), with irrigation system and high technology; Jesús María (N22°10.72" W102°17.648"), with intermediate technology and rainfed cultivation; and El Llano (N21°42.41" W102°09.55") with low technology and rainfed system. All the plants present at the edges of the plots and between the crop rows were collected: before sowing, during its development, and after harvest. For each of the collection points, the complete plants (aerial part and roots) were placed in polyethylene bags and transported to the Instituto Tecnológico El Llano Aguascalientes (ITEL) for subsequent identification, which was corroborated with the support of specialists from the Herbarium of the Instituto Tecnológico de Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco.

### Insect rearing.

Adult insects of *S. zeamais* and *P. truncatus* were obtained from the previous rearing and were reproduced in the ITEL laboratory by placing 10 pairs of each species in 0.5 L jars with 150 g of corn kernels at 22.5 ± 2.5 °C, 25-30 % R. H. and a 12:12 (light-dark) period (Hincapié *et al.* 2008), until the necessary number of insects was obtained for laboratory studies.

### Extract preparation.

Whole plants were dried in the shade at room temperature (20-25 °C) and constant weight. They were crushed with a commercial Hamilton stainless steel mixer until 500 g of plant material was obtained. From this material, two extraction methods were used: infusion and ethanol extraction. For extraction by infusion, 1 L of distilled water was heated at 80 °C for 10 min with constant stirring and 500 g of each plant was added (Benítez-Benítez *et al.* 2019). Subsequently, it was filtered and made up to 1 L with distilled water in sterile dark glass bottles, and then stored at low temperature (2 °C) until use. For ethanol extraction, 500 g of the ground plant was taken and kept for five days in 1 L of ethanol (95 %) at cold (12 °C) and with shaking every 24 h (Tenorio-Rodríguez *et al.* 2017). The extracts were filtered, volumized to 1 L with ethanol (95 %), and stored at room temperature, in amber containers.

## Material y Métodos

### Colecta e identificación de plantas.

Se colectaron plantas completas en tres sitios cultivados con maíz en tres municipios del Estado de Aguascalientes: Pabellón de Arteaga (N21°59.836" W102°15.888"), con sistema de riego y alta tecnología; Jesús María (N22°10.72" W102°17.648"), con tecnología intermedia y cultivo de temporal; y El Llano (N21°42.41" W102°09.55") con sistema de baja tecnología y de temporal. Se colectaron todas las plantas presentes en los bordes de las parcelas y entre los surcos del cultivo: previo a la siembra, durante su desarrollo y después de la cosecha. Para cada uno de los puntos de colecta, las plantas completas (parte aérea y raíces) se colocaron en bolsas de polietileno y se transportaron al Instituto Tecnológico El Llano Aguascalientes (ITEL) para su posterior identificación, la cual fue corroborada con el apoyo de especialistas del Herbario del Instituto Tecnológico de Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco.

### Cría de insectos.

Los insectos adultos de *S. zeamais* y *P. truncatus* se obtuvieron de una cría previa y se reprodujeron en el laboratorio del ITEL colocando 10 parejas de cada especie en frascos de 0.5 L con 150 g de granos de maíz a 22.5 ± 2.5 °C, 25-30 % R. H. y un periodo 12:12 (luz-oscuridad) (Hincapié *et al.* 2008), hasta obtener el número necesario de insectos para los estudios de laboratorio.

### Elaboración de extractos.

Las plantas completas se secaron a la sombra a temperatura ambiente (20-25 °C) y peso constante. Se trituraron con un mezclador comercial de acero inoxidable Hamilton® hasta obtener 500 g de material vegetal. A partir de este material, se usaron dos métodos de extracción: infusión y extracción etanólica. Para la extracción por infusión se calentó 1 L de agua destilada a 80 °C durante 10 min con agitación constante y se agregaron 500 g de cada planta (Benítez-Benítez *et al.* 2019). Posteriormente, se filtró y se aforó a 1 L con agua destilada en botellas de vidrio oscuras estériles, para luego almacenar a baja temperatura (2 °C) hasta su uso. Para la extracción etanólica, se tomaron 500 g de la planta molida y se mantuvo durante cinco días en 1 L de etanol (95 %) en frío (12 °C) y con agitación cada 24 h (Tenorio-Rodríguez *et al.* 2017). Los extractos se filtraron, aforaron a 1 L con etanol (95 %) y se almacenaron a temperatura ambiente, en recipientes ámbar.

### Bioassays with the olfactometer.

For this bioassay, only adult specimens of *S. zeamais* were used, employing a two-way “Y” shaped glass olfactometer with an inner diameter of 15 mm and a 90° angle between the arms. The insects were introduced individually in the base of the olfactometer, connected to a vacuum pump (Barnant Co. Model 400-3901) with a flow rate of 25 ml min<sup>-1</sup> and where at the end of each arm was placed a kitazate flask (125 ml) in one of them were placed the extracts (2 ml) as olfactory stimuli, impregnated in pieces of filter paper (2 x 6 cm) and in the other was placed ethanol or distilled water as control. The conditions for the bioassays were: 230 lux illumination, 22 °C +/- 2 °C temperature, and 29 +/- 5 % R. H.

The maximum time for each bioassay was 5 min, recording the time and the distance traveled by the insect through the arm of the olfactometer. The olfactometer was rotated 180° on its axis after each bioassay to rule out orientation bias. Twelve replicates were performed and with each treatment change, the device was cleaned with phosphate-free detergent and water, rinsed with acetone, and oven-dried for 30 min (Vuts *et al.* 2018). An analysis of variance and the mean comparison test (Tukey  $\alpha=0.05$ ) were performed. With the exception of *Melilotus albus* Medik, which was not included in the olfactometry test of ethanolic and infused extracts, those that presented the best results as attractants and repellents were chosen to be considered in the evaluation of effectiveness against pests in stored corn.

### Effect of the extracts against corn borer weevils in laboratory.

A completely randomized design with 10 treatments and three replications was used, the experimental unit was a 500 ml wide-top plastic jar with 20 adult insects of variable age and 250 g of corn kernels previously examined to ensure their sanitation. The extracts were applied topically at a rate of 5 ml of the base solution per bottle (Ribeiro *et al.* 2014). For this purpose, the corn kernels were spread on a surface and with a sprinkler the experimental solution was sprayed homogeneously, allowing the kernels to dry before emptying them into the jar and adding the insects. Mortality was recorded at 72 h and the number of dead insects was counted and verified with the help

### Bioensayos con el olfatómetro.

Para este bioensayo se utilizaron solo ejemplares adultos de *S. zeamais*, empleando un olfatómetro de vidrio de dos vías en forma de “Y” con diámetro interior de 15 mm y ángulo de 90° entre los brazos. Los insectos se introdujeron individualmente en la base del olfatómetro, conectado a una bomba de vacío (Barnant Co. Modelo 400-3901) con un flujo de 25 ml min<sup>-1</sup> y donde al extremo de cada brazo se colocó un matraz Kitazato (125 ml) en uno de ellos fueron colocados los extractos (2 ml) como estímulos olfativos, impregnados en trozos de papel filtro (2 x 6 cm) y en el otro se colocó etanol o agua destilada como testigo, según fuera el caso. Las condiciones para los bioensayos fueron: 230 lux de iluminación, 22 °C +/- 2 °C de temperatura y 29 +/- 5 % R. H.

El tiempo máximo para cada bioensayo fue de 5 min, registrando el tiempo y la recorrida por el insecto por el brazo del olfatómetro. El olfatómetro se rotó 180° sobre su eje después de cada bioensayo para descartar sesgos por orientación. Se realizaron doce repeticiones y con cada cambio de tratamiento el dispositivo fue limpiado con detergente libre de fosfatos y agua, enjuagado con acetona y secado en horno por 30 min (Vuts *et al.* 2018). Se realizó un análisis de varianza y una prueba de comparación de medias (Tukey  $\alpha=0.05$ ). Con excepción de *Melilotus albus* Medik, que no se incluyó en la prueba de olfactometría de los extractos etanólicos y en infusión, se escogieron los que presentaron los mejores resultados como atrayentes y repelentes, para ser considerados en la evaluación de la efectividad contra plagas en maíz almacenado.

### Efecto de los extractos contra gorgojos del maíz en laboratorio.

Se utilizó un diseño completamente al azar con 10 tratamientos y tres repeticiones, la unidad experimental fue un frasco de plástico de 500 ml de tapa ancha con 20 insectos adultos de edad variable y 250 g de granos de maíz previamente examinado para asegurar su sanidad. Los extractos se aplicaron tópicamente a razón de 5 ml de la solución base por frasco (Ribeiro *et al.* 2014). Para ello se extendieron los granos de maíz en una superficie y con un aspersor se roció la solución experimental de manera homogénea, dejando secar los granos antes de vaciarlos en el frasco y agregar los insectos. Se registró la mortalidad a las 72 h y se contabilizó el número de insectos muertos, verificándolo con ayuda de una aguja de disección (Adarkwah *et al.* 2017). Los frascos se cubrieron con una tela de muselina (Cardoso-Almeida *et al.* 2014) y

of a dissecting needle (Adarkwah *et al.* 2017). The jars were covered with a muslin cloth (Cardoso-Almeida *et al.* 2014) and kept at room temperature (22+/-2.5 °C). The recorded data were subjected to analysis of variance, and Tukey's test ( $\alpha=0.05$ ).

se mantuvieron a temperatura ambiente (22+/-2.5 °C). A los datos registrados se les realizó análisis de varianza, y la prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ).

## Results and Discussion

### Plant collection and identification.

A total of 16 plants were identified, located in 11 families, in the three municipalities of the state, associated with maize cultivation (Table 1). Samples of these plants are catalogued and stored in the herbarium of the Instituto Tecnológico de Tlajomulco.

### Olfactometry results.

Figure 1 shows the results of attraction and

## Resultados y Discusión

### Colecta e identificación de plantas.

Se identificaron en total 16 plantas ubicadas en 11 familias, en los tres municipios del estado, asociadas al cultivo de maíz (Tabla 1). Muestras de estas plantas se encuentran catalogadas y resguardadas en el herbario del Instituto Tecnológico de Tlajomulco de Zúñiga Jal (TecNM).

### Resultados de la olfatometría.

En la Figura 1 se pueden ver los resultados de atracción y repelencia que mostraron los insectos plaga

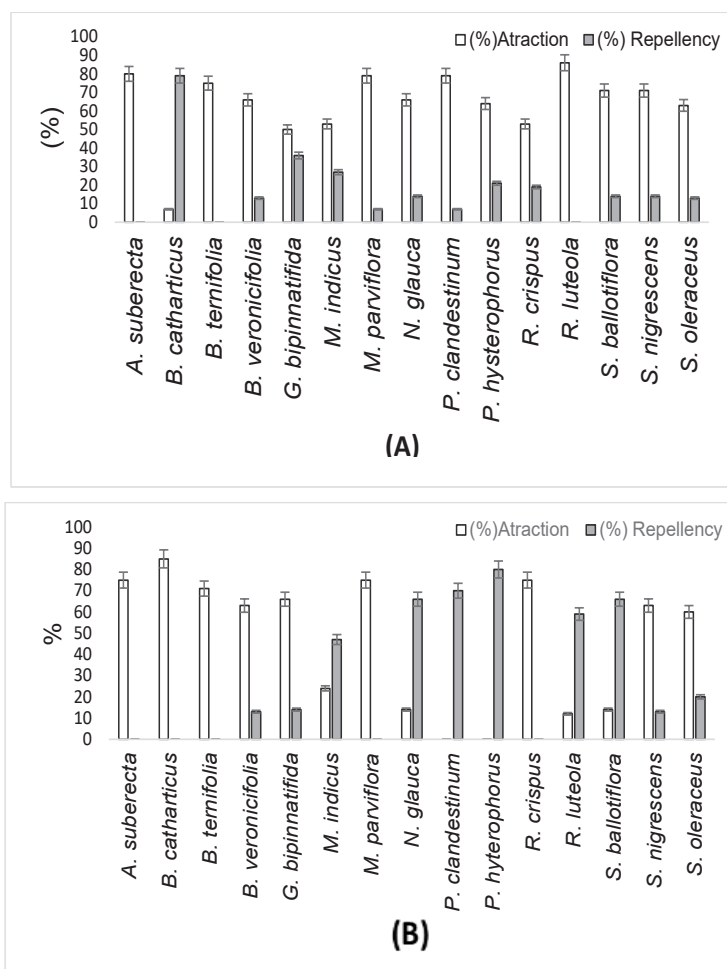
**Table 1.**  
**Plant species associated to maize agroecosystem on three Aguascalientes municipalities: Pabellón de Arteaga (Pab), Jesús María (JM) and El Llano (LI).**

**Tabla 1.**  
**Especies de plantas asociadas al agroecosistema maíz en tres municipios de Aguascalientes: Pabellón de Arteaga (Pab), Jesús María (JM) y El Llano (LI).**

Common name	Scientific name	Family (Location)
Rodadora	<i>Atriplex suberecta</i>	Chenopodiaceae (Pab)
Cebadilla criolla	<i>Bromus catharticus</i>	Poaceae (Pab)
Trompetilla	<i>Bouvardia ternifolia</i>	Rubiaceae (Pab)
Hierba del perro	<i>Brickellia veronicifolia</i>	Asteraceae (Pab)
Alfombrilla	<i>Verbena (= Glandularia) bipinnatifida</i>	Verbenaceae (Pab)
Malva	<i>Malva parviflora</i>	Malvaceae (JM)
Alfalfilla amarilla	<i>Melilotus indicus</i>	Fabaceae (JM)
Escoba amarga	<i>Parthenium hysterophorus</i>	Asteraceae (JM)
Kikuyo	<i>Pennisetum clandestinum</i>	Poaceae (JM, LI)
Tabaquillo	<i>Nicotiana glauca</i>	Solanaceae (JM)
Gualda	<i>Reseda luteola</i>	Resedaceae (JM, LI)
Lengua de vaca	<i>Rumex crispus</i>	Polygonaceae (LI)
Salvia	<i>Salvia ballotiflora</i>	Lamiaceae (LI)
Hierba mora	<i>Solanum nigrescens</i>	Solanaceae (LI)
Borraja	<i>Sonchus oleraceus</i>	Asteraceae (LI)
Alfalfilla blanca	<i>Melilotus albus</i>	Fabaceae (LI)

repellency of pest insects to the infusion (A) and ethanolic (B) extracts. For the infusions, repellency of up to 80 % was obtained with the *B. catharticus* extract, followed by *V. bipinnatifida* with 40 % repellency. While the highest attraction (80 %) was obtained with *A. suberecta* and *R. luteola* (Figure 1A), followed by *B. ternifolia*, *M. parviflora*, *P. clandestinum*, with 75 % attraction. Particularly, the compounds involved with this repellency of the Alfombrilla (*V. bipinnatifida*) are flavonoids and phenolic acids (Umber, 1980). Attraction to plant stimuli that are not

hacia los extractos en infusión (A) y etanólicos (B). Para las infusiones, se obtuvo repelencia de hasta un 80 % con el extracto *B. catharticus*, seguido de *V. bipinnatifida* con un 40 % de repelencia. Mientras que la mayor atracción (80 %) se obtuvo con *A. suberecta* y *R. luteola* (Figura 1A), seguidas por *B. ternifolia*, *M. parviflora*, *P. clandestinum*, con un 75 % de atracción. Particularmente los compuestos involucrados con esta repelencia de la Alfombrilla (*V. bipinnatifida*) son los flavonoides y ácidos fenólicos (Umber, 1980). La atracción hacia estímulos de plantas que no son su



**Figure 1. Attraction and repelence percent on *S. zeamais* adult olfactometry tests to plant extracts in infusion (A) and in ethanol (B)**

**Figura 1. Porcentaje de atracción o repelencia en pruebas de olfactometría de adultos de *S. zeamais* a extractos de plantas en infusión (A) y en etanol (B).**

their natural host, in some insects such as weevils, presents a wide range of responses as they become attracted to fruits such as apples and peach (Nornberg *et al.* 2018). Repellency, on the other hand, is likely to be caused by the presence of volatile alkaloids (Patiño-Bayona *et al.* 2021). For ethanolic extracts, the highest repellency occurred with *P. hysterophorus*, (80 %) followed by *P. clandestinum* (75 %) and *N. glauca* (70 %) (Figure 1B). *B. catharticus*, obtained the highest percentage of attraction (83 %). Extracts of *P. hysterophorus* have also been recommended for the management of the diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.) by showing promising toxicity on larvae after 96 h (Eswara *et al.* 2017).

#### Toxicity evaluation of the extracts in the laboratory.

The results showed that the infusion extract of *B. catharticus* obtained the highest percentage of mortality in the two insect pests, 57.5 % for *S. zeamais* and 70 % for *P. truncatus*. For *S. zeamais*, alcohol extracts of *N. glauca*, *P. clandestinum*, and *R. luteola* also presented worthy performance, causing more than 42 % mortality in this insect. This effect of *R. luteola* is related to its secondary metabolites containing sulfur and nitrogen (Burger *et al.* 2017). In *P. truncatus*, two of the extracts in alcohol presented outstanding results by causing mortality of 62.5 % (*R. luteola*) and 50 % (*S. ballotiflora*); as well as the alcoholic extracts of *N. glauca* and *P. clandestinum*, which caused more than 40 % mortality (Table 2). The use of infused plant extracts and ethyl alcohol is an alternative to the use of synthetic pesticides, due to their effectiveness against stored grain pests, according to Román-Farje *et al.* (2017), who evaluated infused *V. bipinnatifida* and ethanol extract of *M. indicus* against two maize weevils and reported that for *S. zeamais* the highest damage to maize grains was 3 % with the infused extract, while for *P. truncatus* there was higher grain damage with the alcohol extract (17 %). De Souza *et al.* (2014) mention that plants of the Fabaceae family, such as *Dimorphandra mollis* Benth. have good insecticidal properties against the corn weevil, *S. zeamais*. Other studies have reported good results using plant extracts for the management of the corn weevil *S. zeamais* and other insect pests (Lannacone & Quispe 2004). De Souza *et al.* (2018) mention that the difference in damage of *S. zeamais* is due to the

hospedero natural, en algunos insectos como los gorgojos, presenta un amplio rango de respuesta ya que llegan a ser atraídos a frutos como la manzana y el durazno (Nornberg *et al.* 2018). Por otro lado, la repelencia, es probable que sea ocasionada por la presencia de alcaloides volátiles (Patiño-Bayona *et al.* 2021). Para los extractos etanólicos, la mayor repelencia ocurrió con *P. hysterophorus*, (80 %) seguido de *P. clandestinum* (75 %) y *N. glauca* (70 %) (Figura 1B). *B. catharticus*, obtuvo el mayor porcentaje de atracción (83 %). Extractos de *P. hysterophorus* también han sido recomendados para el manejo de la palomilla dorso de diamante, *Plutella xylostella* (L.) al mostrar una toxicidad promisoriosa en larvas después de 96 h (Eswara *et al.* 2017).

#### Evaluación de toxicidad de los extractos en laboratorio.

Los resultados mostraron que el extracto en infusión de *B. catharticus* obtuvo el mayor porcentaje de mortalidad en los dos insectos plaga, 57.5 % para *S. zeamais* y 70 % para *P. truncatus*. Para *S. zeamais*, también presentaron buenos resultados los extractos en alcohol de *N. glauca*, *P. clandestinum* y *R. luteola*, al ocasionar más del 42 % de mortalidad en este insecto. Este efecto de la *R. luteola* está relacionado con sus metabolitos secundarios que contienen azufre y nitrógeno (Burger *et al.* 2017). En *P. truncatus*, dos de los extractos en alcohol, presentaron resultados sobresalientes al ocasionar una mortalidad de 62.5 % (*R. luteola*) y 50 % (*S. ballotiflora*); así como los extractos alcohólicos de *N. glauca* y *P. clandestinum*, que causaron más del 40 % de mortalidad (Tabla 2). El uso de extractos de plantas en infusión y en alcohol etílico es una alternativa al uso de plaguicidas sintéticos, debido a su efectividad contra plagas de granos almacenados, de acuerdo con Román-Farje *et al.* (2017), quienes evaluaron la infusión *V. bipinnatifida* y el extracto etanólico de *M. indicus* contra dos gorgojos del maíz y reportaron que para *S. zeamais* el daño más alto a los granos del maíz fue del 3 % con el extracto en infusión, mientras que para *P. truncatus* hubo un mayor daño al grano con el extracto en alcohol (17 %). De Souza *et al.* (2014) mencionan que plantas de la familia Fabaceae, como *Dimorphandra mollis* Benth., tienen buenas propiedades insecticidas contra el gorgojo del maíz, *S. zeamais*. En otros estudios se han reportado buenos resultados al emplear extractos vegetales para el manejo del gorgojo del maíz *S. zeamais* y otros insectos plaga (Lannacone & Quispe 2004). De Souza *et al.* (2018) mencionan que la diferencia en daños de *S. zeamais* se



hardness characteristics of maize kernels of different varieties. Several species of the genus *Melilotus*, such as *Melilotus indicus* L. and *Melilotus albus*, have been reported to contain several bioactive compounds such as terpenes, sterols, and polyphenols (Romo-Asunción *et al.* 2016). De Souza *et al.* (2009) mention that the presence of several metabolites in an extract causes a summative effect, which increases insecticidal activity and decreases the traditional resistance problems of synthetic products. Therefore, the toxicity of an extract will be greater than that of an isolated metabolite and it

debe a las características de dureza de los granos de maíz de las distintas variedades. Se ha reportado que varias especies del género *Melilotus*, como *Melilotus indicus* L. y *Melilotus albus*, contienen varios compuestos bioactivos como terpenos, esteroides y polifenoles (Romo-Asunción *et al.* 2016). De Souza *et al.* (2009) mencionan que la presencia de varios metabolitos en un extracto causa un efecto sumativo, lo que incrementa la actividad insecticida y disminuye los tradicionales problemas de resistencia de los productos sintéticos. Por lo tanto, la toxicidad de un extracto será mayor a la de un metabolito aislado y no

**Table 2.**  
***S. zeamais* and *P. truncatus* mortality after the ethanolic and infusion extracts application.**

**Tabla 2.**  
**Mortalidad de *S. zeamais* y *P. truncatus* después de la aplicación de extractos vegetales etanólicos y en infusión.**

Treatment	Extract	(% Mortality)	
		<i>S. zeamais</i>	<i>P. truncatus</i>
<i>B. catharticus</i>	Infusión	57.5±5.0 a	70.0±5.0 a
<i>N. glauca</i>	Alcohol	47.5±5.0 a	42.5±9.6 ab
<i>P. clandestinum</i>	Alcohol	45.0±5.0 a	42.0±2.2 ab
<i>R. luteola</i>	Alcohol	42.5±5.0 a	62.5±17.3 a
<i>V. bipinnatifida</i>	Infusión	25.0±5.0 b	22.5±5.0 bc
<i>S. ballotiflora</i>	Alcohol	17.5±5.7 bc	50.0±0.9 ab
<i>M. indicus</i>	Alcohol	12.5±5.0 bcd	35.0±9.5 ab
<i>P. hysterothorus</i>	Alcohol	7.5±5.7 cd	35.0±5.7 ab
<i>M. albus</i>	Infusión	2.5±0.5 cd	35.0±5.7 ab
Control	water	0±0 d	0±0 c

Means followed by the same letter do not differ significantly ( $p \leq 0.05$ , Tukey test).

Los porcentajes con literales iguales en una misma columna no difieren estadísticamente entre sí ( $p \leq 0.05$ ; prueba de Tukey).

should not be ruled out that in future studies the effects reported here may differ if other active principles are extracted according to the polarity of the solvent used (Lizarazo *et al.* 2008).

As mentioned by Athanassiou *et al.* (2014b), the commercial use of plant extracts still has to address several aspects, such as patents and intellectual rights, differences in extraction methods, and formulation of active ingredients. Although there are advances, standardization of extraction techniques

debe descartarse que en estudios futuros los efectos aquí reportados varíen si se extraen otros principios activos según la polaridad del disolvente empleado (Lizarazo *et al.* 2008).

Como lo menciona Athanassiou *et al.* (2014b) la utilización comercial de extractos de plantas aún debe atender varios aspectos, como patentes y derechos intelectuales, diferencias en los métodos de extracción y formulación de los ingredientes activos. Aunque existen avances, la estandarización de las técnicas de extracción y la homogeneidad en las formulaciones son esenciales.

and homogeneity in formulations is essential. The main properties of pesticides of vegetable origin are that they are biodegradable and exert low toxicity to vertebrates, which makes them highly friendly to the environment of stored grains. Obtained results in this work can be integrated as a low environmental impact strategy to implement an agroecological pest management program and promote optimal corn storage under a sustainable agricultural management scheme.

## Conclusions

In the maize agroecosystem studied in Aguascalientes, 16 associated plant species distributed in 11 families were identified. Experimentally, nine of these species produced greater repellency in laboratory olfactometry bioassays; from which the effect on the mortality of the two stored corn pests, *S. zeamais*, and *P. truncatus*, was evaluated. The infusion extract of *Bromus catharticus* (Poaceae) showed the greatest effect in reducing the two stored corn pests by decreasing infestation by 57-70 %. Additionally, *Reseda luteola* (Resedaceae) showed good results for *P. truncatus*, with a mortality of 62.5 %. Alcoholic extracts of three other plants, *N. glauca*, *P. clandestinum*, and *S. ballotiflora*, caused mortality of the two insect pest species between 42-50 %. In general, five of the nine plants evaluated against the two stored corn pests showed promising results, so that, according to how effectively these plants perform under storage conditions, could be used in stored corn pest management programs to replace chemically synthesized pesticides.

## References

- Adarkwah, C., Obeng-Ofori, D., Hormann, V., Ulrichs, C. & Scholler, M. (2017). Bioefficacy of enhanced powders on the mortality and progeny production of *Acanthoscelides obtectus* (Coleoptera: Chrysomelidae), *Sitophilus granarius* (Coleoptera: Dryophthoridae) and *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae) in stored grain cereals. *International Journal of Tropical Insects Science*, 37(4), 243-258. <http://doi.org/10.1017/S1742758417000170>
- Akkoc, S., Karaca, I. & Karaca, G. (2019). Effects on some entomopathogen fungi on *Apis mellifera* L. and *Bombus terrestris* L. *Journal of Natural and Applied Sciences*, 23(2), 433-439. <https://doi.org/10.19113/sdufenbed.477889>
- Athanassiou, C. G. & Kavallieratos N. G. (2014). Evaluation of spinetoram and spinosad for control of *Prostephanus truncatus*, *Rhyzopertha dominica*, *Sitophilus oryzae*, and *Tribolium confusum* on stored grains under laboratory tests. *Journal of Pest Science*, 87, 469-483. <http://doi.10.1007/s10340-014-0563-9>
- Athanassiou, C. G., Rani, P. U., & Kavallieratos, N. G. (2014). The use of plant extracts for stored product protection. In: Singh, D. (eds) *Advances in plant biopesticides*. Springer, New Delhi. [https://doi.org/10.1007/978-81-322-2006-0\\_8](https://doi.org/10.1007/978-81-322-2006-0_8)
- Baek, M. Y., Park, H. J., Kim, G. M., Lee, D. Y., Lee, G. Y., Moon, S. J., Ahn, E. M., Kim, G. S., Bang, M. H., & Baek, N. I.

Las principales propiedades de los plaguicidas de origen vegetal, es que son biodegradables y de baja toxicidad en vertebrados que los vuelve altamente amigables con el ambiente de granos almacenados. Los resultados obtenidos en este trabajo se pueden integrar como una estrategia de bajo impacto ambiental para implementar un programa de manejo agroecológico de plagas y promover el óptimo almacenamiento del maíz, bajo un esquema de manejo agrícola sustentable.

## Conclusiones

En el agroecosistema maíz estudiado en Aguascalientes, se identificaron 16 especies de plantas asociadas distribuidas en 11 familias. Experimentalmente, nueve de ellas produjeron una mayor repelencia en bioensayos de laboratorio de olfactometría; a partir de las cuáles se evaluó su efecto en la mortalidad de las dos plagas del maíz almacenado, *S. zeamais* y *P. truncatus*. El extracto de infusión de *Bromus catharticus* (Poaceae), fue el que mostró un mayor efecto en la disminución de las dos plagas de maíz almacenado al reducir la infestación de entre 57-70 %. Adicionalmente, *Reseda luteola* (Resedaceae) presentó buenos resultados para *P. truncatus*, con una mortalidad del 62.5 %. Los extractos alcohólicos de tres plantas más, *N. glauca*, *P. clandestinum* y *S. ballotiflora*, ocasionaron una mortalidad de las dos especies de insectos plaga entre 42-50 %. De manera general, cinco de las nueve plantas evaluadas contra las dos plagas de maíz almacenado, presentaron resultados promisorios, por lo que, según su desempeño en condiciones de almacén, pueden ser utilizadas en programas de manejo de plagas de maíz almacenado, en sustitución de los plaguicidas de síntesis química.

- (2013). Insecticidal alkaloid from the seeds of *Macleaya cordata* on Cotton Aphid (*Aphis gossypii*). *Journal of the Korean Society for Applied Biological Chemistry*, 56, 135-140. <https://doi.org/10.1007/s13765-013-3013-0>
- Benítez-Benítez, R., Sarria-Villa, R. A., Gallo-Corredor, J. A., Pérez Pacheco, N. O., Álvarez Sandoval, J. H., & Giraldo Aristizabal, C. I. (2019). Obtención y rendimiento del extracto etanólico de dos plantas medicinales, *Revista Facultad De Ciencias Básicas*, 15(1), 31-38. <https://doi.org/10.18359/rfcb.3597>
- Birkinshaw, L. A. & Smith, R. H. (2000). Function of aggregation pheromone in the larger grain Borer *Prostephanus truncatus*: Variation in response to individuals as evidence for a role in sexual selection, *Journal Chemical Ecology* 26, 1325–1339. <https://doi.org/10.1023/A:1005419305231>
- Burger, P., Monchot, A., Bagarri, O., Chiffolleau, P., Azoulay, S., Fernandez, X., & Michel, T. (2017). Agents from *Reseda luteola* L. and their chemical characterization using combination of CPC, UPLC-HRMS and NMR, *Cosmetics*. 4(4), 51. <https://doi.org/10.3390/cosmetics4040051>
- Cardoso-Almeida, F. A., Silva-Junior, P. J., De Paula-Queiroga, V., Figueiredo-Neto, A., Cárdenas-Olivier, N., & Bienvenido-Rojas, A. (2014). Eficiencia de extractos vegetales como insecticida sobre *Sitophilus zeamais* en granos de maíz almacenados, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 23(2), 57-62. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2071-00542014000200010](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542014000200010)
- Cespedes, C. L., Lina-García, L., Kubo, I., Salazar, J. R., Ariza-Castrolo, A., Alarcon, J., Aqueveque, P., Werner, E., & Seigler, D. S. (2016). *Calceolaria integrifolia* s. l. complex, reduces feeding and growth of *Acanthoscelides obtectus*, and *Epilachna varivestis*. A new source of bioactive compounds against dry bean pests, *Industrial Crops and Products*, 89:257-267. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.05.026>
- De Souza, P. L., D'Antonio-Faroni, L. R., Martins-Lopes, L., Hipolito-de Sousa, A. & Figueiredo-Prates, L. H. (2018). Toxicity and sublethal effects of allyl isothiocyanate to *Sitophilus zeamais* on population development and walking behavior, *Journal of Pest Science*, 91, 761-770. <https://doi.org/10.1007/s10340-017-0950-0>
- De Souza, W.T., Cruz, I., Petacci, F., De Assis, S.L.Y., De Souza, F.S., Cola, Z.J. & Serrao, J.E. (2009). Potential use of Asteraceae extracts to control *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) and selectivity to their parasitoid *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) and *Telenomus remus* (Hymenoptera: Scelionidae), *Industrial Crops and Products* 30(3), 384-388. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2009.07.007>
- De Souza, T. W., Dantonino, F. L. R., Coelho, R. R., Ahmed, F. H., De Sousa, F. S. & Cola, Z. J. (2014). Effects of astilbin from *Dimorphandra mollis* (Fabaceae) flowers and Brazilian plant extracts on *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae), *BioOne*, 97(3), 892-901. <https://doi.org/10.1653/024.097.0347>
- Demissie, 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. <http://doi.10.1007/s10681-015-1412-5>
- Eswara, Reddy, S. G., Kirti Dolma, S., Kumir Verma, P. & Singh, B. (2017). Insecticidal activities of Parthenium hysterophorus L. extract and parthenin against diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.) and aphid, *Aphis craccivora* Koch, *Toxin Reviews*, 37(2), 1-5. <http://doi.org/10.1080/15569543.2017.1339281>
- González, J. C. & Horiński, M. A. (2018). Actividad antibacteriana *in vitro* de extractos hidroalcohólicos secos de Yerba Mate elaborada, procedente de Paraguay, *Revista de Ciencia y Tecnología*. 30, 12-20. <https://es.scribd.com/document/411780528/n30a02>
- Hincapié, Llanos C. A., Lopera Arando D. & Ceballos Giraldo M. (2008). Actividad insecticida de extractos de semillas de *Annona muricata* (Annonaceae) sobre *Sitophilus zeamais*. (Coleoptera: Curculionidae), *Revista Colombiana de Entomología*, 34(1), 76-82. <http://www.scielo.org.co/pdf/rcen/v34n1/v34n1a10.pdf>
- Kokalis-Burelle, N. & Rodríguez-Kábana, R. (2006). Allelochemicals as biopesticides for management of plant parasitic nematodes. In: Inderjit and Mukerji K.G. Allelochemicals for biological control of plant pathogens and disease (Vol. 2), Springer. Pp. 15-29. [https://link.springer.com/chapter/10.1007/1-4020-4447-X\\_2](https://link.springer.com/chapter/10.1007/1-4020-4447-X_2)
- Lannacone, J., & Quispe, C. (2004). Efecto de dos extractos vegetales sobre el gorgojo del maíz, *Sitophilus zeamais* Mostchulsky, 1855 (Coleoptera: Curculionidae) en Perú, *Revista Peruana de Entomología*. 44:81-87. <https://sisbib.unmsm.edu.pe/BVRevistas/entomologia/v44/pdf/a13v44.pdf>
- Lannacone, J., Ayala H. & Román A. (2005). Efectos toxicológicos de cuatro plantas sobre el gorgojo del maíz *Sitophilus zeamais* Motschulsky 1855 (Coleoptera: Curculionidae) y sobre gorgojo de las galletas *Stegobium paniceum*

- (Linnaeus 1761) (Coleoptera: Anobiidae) en Perú, *Gayana* (Concepción), 69(2), 234-240. <http://doi.10.4067/S0717-653820050002000003>
- Lizarazo, C.H., Mendoza, F.C. & Carrero, S.R. (2008). Efecto de extractos vegetales de *Polygonum hydropiperoides*, *Solanum nigrum* y *Calliandra pittieri* sobre el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), *Agronomía Colombiana*, 26(3), 427-434. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/11474>
- Martínez, Ch. J. A., D'Antonino, F. L. R. & Soto, G. A. (2013). Porcentaje de pérdida de masa en granos y efecto tóxico del aceite esencial *Piper aduncum* en *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae), *Boletín Científico Centro de Museos Museo de Historia Natural*, 17(1), 81-90. [http://www.scielo.org.co/pdf/bccm/v17n1/v17n1a\\_08.pdf](http://www.scielo.org.co/pdf/bccm/v17n1/v17n1a_08.pdf)
- Nornberg, S. D., Dionei-Grutzmacher, A., Simoes, J. M., Adler, C. & Edson-Nava, D. (2018). Unusual behavior of oviposition and development of *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) in peach and apple fruits, *Phytoparasitica*, 46(1), 69-74. <https://doi.org/10.1007/s12600-018-0643-0>
- Ogunleye, R. F. & Adefemi, S. O. (2007). Evaluation of the dust and methanol extracts of *Garcinia kola* for the control of *Callosobruchus maculatus* (F.) and *Sitophilus zeamais* (Mots), *Journal of Zhejiang University*. 8(12), 912-916. <https://doi.org/0.1631/jzus.2007.B0912>
- Patiño-Bayona, W. R., Nagles Galeano, L.J., Bustos Cortes, J.J., Delgado, Ávila W.A., Herrera Daza, E., Cuca Suárez, L.E., Prieto-Rodríguez, J.A. & Patiño-Ladino, O.J. (2021). Effects of essential oils from 24 plant species on *Sitophilus zeamais* Motsch (Coleoptera, Curculionidae), *Insects*, 12(6):532. <https://doi.org/10.3390/insects12060532>
- Pérez, D., Lannacone, J. & Tueros, A. (2008). Toxicity of *Paullinia clavigeras* SCHLTDL. (Sapindaceae) y *Chondrodendron tometosumruizet* Pav. (Menispermaceae) sobre el piojo saltador del Camu Camu *Tuthillia cognata* (Hemiptera:Psyllidae), *Gayana Botánica*, 65(2), 145-152. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-66432008000200004>
- Pérez, C. K., Galaviz, L., Iracheta J. M., Lucero, E. A. and Molina. Z. J. (2017). Actividad contra *Trypanosoma cruzi* (Kinetoplastida:Trypanosomatidae) de extractos metanólicos de plantas de uso medicinal en México, *Revista de Biología Tropical*, 65(4) 1459-1469. <https://doi.org/10.15517/rbt.v65i4.27153>
- Reyna, M. M., Vázquez, De A. G. F. V. & García, M. J. (2012). Revisión de intoxicación aguda de fosforo de aluminio, *Revista de la Asociación Mexicana Medicina*, 26(4), 242-246. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/medcri/ti-2012/ti124i.pdf>
- Ribeiro, B., Guedes, R. N. C., Correa, A. S. & Santos, C. T. (2007). Fluctuating asymmetry in insecticide-resistant and insecticide-susceptible strains of the Maize Weevil, *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae), *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 53(1):77-83. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00244-006-0162-8#citeas>
- Ribeiro, L. P., Vendramim, J. D., Andrade, M. S., Bicalho, K. U., Silva, M. F. G. F., Vieira, P. C. & Fernández, J. B. (2014). Tropical plant extracts as sources of grain-protectant compounds against *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae), *Neotropical Entomology*, 43(5), 470-482. <https://doi.org/10.1007/s13744-014-0233-x>
- Ribeiro, L. P., Ansante, T. F., Niculau, E. S., Pavarini, R., Silva, M. F. G., Seffrin and R. C., & Vendramim J. D. (2015). *Pimenta pseudocaryophyllus* derivatives: Extraction methods and bioactivity against *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae), *Neotropical Entomology*, 44, 634-642. <https://doi.org/10.1007/s13744-015-0321-6>
- Román-Farje, A., Lannacone, J. y Alvaríño, L. (2017). Efecto tóxico del saúco, *Sambucus peruviana* (Caprifoliaceae), en *Daphnia magna*, *Sitophilus zeamais*, *Chilean Journal of Agricultural and Animal Science*, 33(1), 3-13. <http://dx.doi.org/10.4067/S0719-38902017005000101>
- Romo-Asunción, D., Ávila-Calderón, M. A., Ramos-López, M. A., Barranco-Florido, J. E., Rodríguez-Navarro, S., Romero-Gomez, S., Aldeco-Pérez, E. J., Pacheco-Aguilar, J. R. & Rico-Rodríguez, M. A. (2016). Juvenomimetic and insecticidal activities of *Senecio salingus* (Asteraceae) and *Salvia microphylla* (Lamiaceae) on *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera:Noctuidae), *Florida Entomologist*, 99(3), 345-351. <https://doi.org/10.1653/024.099.0301>
- Safitri, A., Herlinda, S. & Setiawan, A. (2018). Entomopathogenic fungi of soils freshwater swamps, tidal lowlands, peatlands, and highlands of South Sumatra, Indonesia, *Biodiversitas*, 19(6), 2365-2373. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d190647>
- Stevenson, P.C., Arnold, S.E. J. & Belman, S.R. (2014). Pesticidal plants for stored product pest on small holder farms in Africa. In: Sing D. Advanced in plant biopesticides, Springer India, Pp. 149-172. <https://doi.org/10.1007/978-81-322-2006-0>
- Tenorio-Rodríguez, P. A., Murillo-Álvarez, J. I., Campa-Córdova A. I & Angulo C. (2017). Antioxidant screening and phenolic

- content of ethanol extracts of selected Baja California Peninsula macroalgae, *Journal of Food Science and Technology*, 54(2), 422-429. <https://doi.org/10.1007/s13197-016-2478-3>
- Umber, R.E. (1980). The flavonoid chemistry of *Glandularia bipinnatifida* (Verbenaceae) and allied species, *American Journal of Botany*, 67(6), 935-941. <https://doi.org/10.1002/j.1537-2197.1980.tb07723.x>
- Vuts, J., Woodcock, Ch. M., Caulfield, J. C., Powera, S. J., Pickett, J. A. & Birkett, M. A. (2018). Isolation and identification of floral attractants from a nectar plant for the dried bean beetle, *Acanthoscelides obtectus* (Coleoptera: Chrysomelidae, Bruchinae), *Pest Management Science*, 74(9), 2069-2075. <https://doi.org/10.1002/ps.4903>