

**Plagas en granos almacenados contra plantas de origen
etnobotánico: Una revisión sistemática**
**Pests in stored grains against plants of ethnobotanical origin:
A systematic review**

Arturo Rafael **Armenta López**¹, Eusebio **Nava Pérez**², Adalid
Graciano Obeso³

Resumen

El control de plagas en granos almacenados, especialmente del picudo del maíz (*Sitophilus zeamais* Motschulsky) y el gorgojo pardo del frijol (*Acanthoscelides obtectus* Say), es crucial para la seguridad alimentaria. Ante los impactos negativos de los insecticidas sintéticos, el conocimiento etnobotánico ofrece alternativas sustentables. Esta revisión sistemática tuvo como objetivo analizar y sintetizar la evidencia científica disponible sobre la eficacia de extractos vegetales de origen etnobotánico para el manejo de estas plagas clave en México. Para ello, se realizó una revisión sistemática de literatura científica (1980-2024) en bases de datos especializadas, priorizando estudios experimentales que evaluaran actividad insecticida, repelente o antialimentaria. Los resultados identifican y documentan la eficacia biocida de metabolitos secundarios presentes en especies como el nim

(*Azadirachta indica* A. Juss.), epazote (*Chenopodium ambrosioides* L.), higuerilla (*Ricinus communis* L.), tabaquillo (*Nicotiana glauca* Graham) y cacachila (*Karwinskia humboldtiana* Roem. & Schult.). La evidencia recopilada demuestra que sus extractos actúan principalmente como repelentes, inhibidores de la alimentación y reguladores del crecimiento, mostrando altas tasas de mortalidad y reducción del daño al grano. En conclusión, los hallazgos validan el conocimiento tradicional y proporcionan una base científica sólida para el uso de estos bioplaguicidas botánicos. Se discuten sus limitaciones y su potencial como tecnología social accesible, que puede fortalecer la autonomía de los pequeños productores y contribuir a un manejo postcosecha más seguro y sostenible.

Palabras clave: postcosecha, extractos vegetales, metabolitos secundarios,

¹ Instituto Politécnico Nacional

² Instituto Politécnico Nacional

³ Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico Superior de Guasave.

Acanthoscelides obtectus, *Sitophilus zeamais*.

Abstract

Pest control in stored grains, particularly against the maize weevil (*Sitophilus zeamais* Motschulsky) and the bean weevil (*Acanthoscelides obtectus* Say), is crucial for food security. Given the negative impacts of synthetic insecticides, ethnobotanical knowledge offers sustainable alternatives. This systematic review aimed to analyze and synthesize the available scientific evidence on the efficacy of ethnobotanically-derived plant extracts for managing these key pests in Mexico. To this end, a systematic review of scientific literature (1980-2024) was conducted in specialized databases, prioritizing experimental studies evaluating insecticidal, repellent, or antifeedant activity. The results identify and document the biocidal efficacy of secondary metabolites present in species such as neem

(*Azadirachta indica* A. Juss.), epazote (*Chenopodium ambrosioides* L.), castor bean (*Ricinus communis* L.), tree tobacco (*Nicotiana glauca* Graham), and cacachila (*Karwinskia humboldtiana* Roem. & Schult.). The compiled evidence demonstrates that their extracts act primarily as repellents, feeding inhibitors, and growth regulators, showing high mortality rates and reduced grain damage. In conclusion, the findings validate traditional knowledge and provide a solid scientific basis for using these botanical biopesticides. Their limitations and potential as accessible social technology, which can strengthen the autonomy of small-scale producers and contribute to safer and more sustainable postharvest management, are discussed.

Keywords: postharvest, plant extracts, secondary metabolites, *Acanthoscelides obtectus*, *Sitophilus zeamais*.

INTRODUCCIÓN

El almacenamiento poscosecha de granos básicos, como maíz (*Zea mays* L.) y frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), es una etapa crítica para la seguridad alimentaria. Sin embargo, los granos almacenados constituyen un recurso susceptible al ataque de insectos especializados, que se convierten en plagas clave y causan pérdidas cuantitativas y cualitativas sustanciales (Rangel-Fajardo et al., 2020). Aunque se han reportado cientos de especies asociadas a granos almacenados, un número reducido de ellas, por su distribución cosmopolita y potencial de daño, reviste importancia económica primordial (Ramírez, 1982). Entre estas destacan el picudo del maíz (*Sitophilus zeamais* Motschulsky) y el gorgojo pardo del frijol (*Acanthoscelides obtectus* Say). Sus infestaciones, que pueden iniciarse en el campo o durante el almacenamiento, comprometen la viabilidad de la semilla, el valor comercial del grano y facilitan el desarrollo de hongos y toxinas (Torres et al., 2016; Matías-Oregán et al., 2022).

El control de estas plagas ha dependido históricamente de insecticidas químicos de síntesis y fumigantes. No obstante, el uso intensivo de estos productos conlleva riesgos documentados de toxicidad para la salud humana, contaminación ambiental, desarrollo de resistencias en las plagas

y, en el caso de pequeños productores, altos costos y dependencia de insumos externos. Esta problemática ha impulsado la búsqueda urgente de alternativas de manejo que sean eficaces, accesibles y ambientalmente sostenibles.

En este contexto, el conocimiento etnobotánico de comunidades rurales emerge no solo como un patrimonio cultural, sino como un acervo empírico de soluciones. Por generaciones, los agricultores han utilizado extractos, polvos y aceites de plantas locales para proteger sus graneras, identificando especies con propiedades insecticidas, repelentes o antialimentarias (Lagunes, 1984; Regnault-Roger et al., 2009). La etnobotánica proporciona el marco para documentar y estudiar estas interacciones entre comunidades humanas y plantas (Hernández, 1985; Sánchez y Torres, 2023). Sin embargo, para que estas prácticas trasciendan el ámbito local y se integren en estrategias de manejo confiables, es imperativo evaluar y sintetizar la evidencia científica robusta que valide su eficacia. Existe una cantidad considerable de estudios de laboratorio y campo que han puesto a prueba el efecto de estos recursos botánicos contra plagas específicas, pero esta información permanece dispersa y no ha sido sujeta a una revisión crítica y sistemática que permita discernir patrones de eficacia, identificar las especies vegetales más promisorias y señalar limitaciones metodológicas.

Por lo tanto, el objetivo de esta revisión documental es analizar y sintetizar la evidencia científica disponible sobre la eficacia de extractos vegetales de origen etnobotánico para el control del picudo del maíz (*Sitophilus zeamais*) y el gorgojo pardo del frijol (*Acanthoscelides obtectus*) en condiciones de almacenamiento, con especial atención al contexto mexicano. Esta revisión se estructura de la siguiente manera: tras esta introducción, se detalla la metodología de búsqueda y selección de literatura; posteriormente, se presenta una revisión sistemática de los hallazgos, organizada en torno a las plagas clave y las plantas más estudiadas; se discuten las limitaciones de los bioplaguicidas botánicos y su potencial como tecnología social; y finalmente, se presentan las conclusiones derivadas del análisis.

METODOLOGÍA DE LA REVISIÓN

Se realizó una revisión sistemática de literatura (1980-2024) para sintetizar la evidencia disponible sobre la eficacia de extractos vegetales de origen etnobotánico contra *Sitophilus zeamais* y *Acanthoscelides obtectus*. La búsqueda en bases de datos especializadas (Scopus, SciELO, Redalyc) y repositorios institucionales utilizó combinaciones de palabras clave en español, inglés y portugués relacionadas con "extractos vegetales",

"bioplaguicidas botánicos", "granos almacenados" y los nombres científicos de las plagas.

Los criterios de inclusión priorizaron estudios experimentales (laboratorio, campo o almacén) que evaluaran extractos, polvos o aceites vegetales contra estas plagas y reportaran medidas de eficacia (mortalidad, repelencia, inhibición de alimentación, reducción de daño). Se excluyeron revisiones y estudios sin diseño experimental claro.

El proceso de selección incluyó dos fases: revisión de títulos/resúmenes y lectura de textos completos. De un total inicial de 250 documentos identificados, 85 referencias fueron seleccionadas para el análisis integral. De estas, aproximadamente 25 corresponden a estudios experimentales primarios que evaluaron directamente la eficacia de extractos vegetales; las restantes constituyen literatura de contexto esencial sobre etnobotánica, biología de las plagas, fundamentos de bioplaguicidas botánicos y prácticas de almacenamiento tradicional.

De cada estudio experimental se extrajo información sobre especie vegetal, parte utilizada, tipo de extracto, concentración, diseño experimental y resultados de eficacia. El análisis se organizó temáticamente en: (a) eficacia bioplaguicida documentada contra cada plaga, destacando plantas y modos de acción; y (b) discusión integradora sobre limitaciones y potencial aplicativo.

REVISIÓN SISTEMÁTICA

Saberes Ancestrales para la Protección de Granos: El Enfoque Etnobotánico

El uso de plantas para el control de plagas es una práctica ancestral global (Arnason et al., 1989; Lagunes, 1984; Regnault-Roger et al., 2009), sustentada en el conocimiento técnico indígena que se genera, valida y transmite socialmente dentro de las comunidades (Chhetry y Belbahri, 2009). Esta práctica, arraigada en la necesidad de seguridad alimentaria y subsistencia, surge consistentemente como alternativa cuando los plaguicidas sintéticos son inaccesibles (Ali et al., 2022; Guo et al., 2024; Pila y Maqueda, 2023), demostrando ser una respuesta pragmática y sostenible.

La relación profunda de los sistemas de conocimiento indígena con la biodiversidad les ha permitido identificar especies con propiedades insecticidas para proteger sus granos almacenados (Singharia, 2023). Este saber se transmite oral y experiencialmente en espacios cotidianos y

productivos (Toledo y Barrera-Bassols, 2008), fortaleciendo la autonomía comunitaria.

La base científica de su eficacia radica en los metabolitos secundarios (p. ej., alcaloides, taninos) que las plantas producen como defensa natural (Harborne, 1994; Wilson et al., 1999). Estos compuestos, extraíbles mediante métodos accesibles, actúan como repelentes, inhibidores de la alimentación o reguladores del crecimiento (Silva et al., 2002), ofreciendo un perfil de toxicidad generalmente más favorable para organismos no objetivo que los insecticidas sintéticos (Pavela & Benelli, 2016; Isman, 2020). Sus ventajas —bajo costo, disponibilidad y facilidad de preparación— las hacen atractivas para pequeños productores (Sutherland et al., 2002).

En México, se ha documentado ampliamente la eficacia de plantas como estafiate (*Artemisia* spp.), paraíso (*Melia azedarach* L.), higuerilla (*Ricinus communis* L.) y nim (*Azadirachta indica* Juss.) (Rodríguez, 2000; Nava et al., 2010; Armenta et al., 2020; Armenta-López, 2023). Lagunes (1993) reportó que 157 de 430 especies evaluadas mostraron potencial para el manejo de plagas en agricultura de subsistencia.

Los registros históricos evidencian que el control de plagas con base botánica se practicaba desde hace miles de años en diversas regiones. En China y Egipto, por ejemplo, se empleaban cenizas de madera y productos derivados de *Derris* spp. (Fabaceae) para proteger granos almacenados. Hacia el 400 a.C., en Mesopotamia, Persia, Roma y Dalmacia se utilizaba polvo de cabezuelas secas de *Chrysanthemum cinerariaefolium* para controlar piojos y chinches. En India, el nim (*Azadirachta indica* Juss.) ha sido empleado como insecticida durante siglos (Moore y Lenglet, 2004).

En el contexto nacional, se ha documentado extensamente el uso etnobotánico en el manejo poscosecha. En comunidades de Oaxaca se tuesta el fruto seco de chile (*Capsicum* spp.) y se aplica su humo a mazorcas almacenadas. En las regiones de Puebla y Veracruz se registra la aplicación directa del polvo de hojas y semillas de cedro (*Cedrus* spp.) en frijol. En Martínez de la Torre, Veracruz, se emplea el polvo de hojas de paraíso (*Melia azedarach*) para reducir daños por insectos en maíz almacenado (Hernández, 2008).

El empleo de productos botánicos se complementa con prácticas culturales como la cosecha en luna llena, la disposición de pilas estructuradas de plantas con mazorca para su secado, denominadas "monas" o "toros", el colgado de mazorcas, el almacenamiento en vaina o totomoxtle, y el ahumado de granos (Hernández, 2008).

Del control químico a las alternativas etnobotánicas: Una transición necesaria

A pesar de las alternativas disponibles en el Manejo Integrado de Plagas, en la práctica predomina el uso de insecticidas sintéticos, desde organoclorados, organofosforados y piretroides (Mejía, 2003) hasta compuestos ampliamente utilizados como malatión, fosfuro de aluminio y bromuro de metilo (Nava et al., 2010), a pesar de sus riesgos de intoxicación y contaminación ambiental (Medrano, 2000).

Los fumigantes destacan por su practicidad y bajo costo relativo (White y Leesch, 1996). El fosfuro de aluminio, el más empleado a nivel mundial (Rajendran y Sriranjini, 2008), libera fosfina (PH_3), un gas de alta capacidad insecticida (Durana, 2013; Hills, 2003). El bromuro de metilo, aunque eficaz (Pizano, 2014), tiene graves impactos ambientales, especialmente en la capa de ozono, lo que condujo a su eliminación progresiva (Bello et al., 2002; Thomas, 1997). Por su parte, el malatión, un organofosforado de toxicidad media (CICOPLAFEST, 2004) y amplio espectro (Cremlyn, 1995), enfrenta el desafío de la resistencia en plagas, cuestionando su eficacia a largo plazo.

Frente a este panorama de riesgos ambientales, problemas de salud y desarrollo de resistencias, la búsqueda de alternativas sostenibles se vuelve imperativa. Es en este contexto donde el conocimiento etnobotánico, acumulado por generaciones, resurge como un arsenal de soluciones pragmáticas. Esta revisión se orienta, por tanto, a examinar el potencial de estos métodos tradicionales para el manejo de *Sitophilus zeamais* y *Acanthoscelides obtectus* en México.

Picudo del maíz *Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1855.

El picudo del maíz (*Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1855) es una plaga primaria de los granos almacenados a nivel mundial (Trematerra et al., 2015). Sus infestaciones pueden ocasionar hasta un 60 % de pérdida en el peso de la semilla en un período de 3 a 6 meses, además de deteriorar la calidad física, fisiológica y nutricional del grano (Ileke et al., 2020; Mutungui et al., 2022). Este impacto es particularmente crítico en sistemas de agricultura de subsistencia, donde las infestaciones pueden alcanzar hasta un 80% de pérdidas postcosecha, como se ha documentado en el contexto mexicano (Rangel-Fajardo et al., 2020).

El ciclo biológico de *S. zeamais* se completa en promedio en 35 días (Hinton y Corbet, 1995). La infestación suele iniciarse en campo, cuando los granos presentan alrededor de 20% de humedad. Tras la cópula, la

hembra adulta selecciona un grano, perfora la superficie y deposita un solo huevo, sellándolo con una sustancia mucilaginosa. A lo largo de su vida, la hembra puede ovipositar entre 250 y 400 huevos, los cuales eclosionan en 6-8 días, dando lugar a larvas ápodas que se alimentan vorazmente del endospermo del grano (Dell'Orto y Arias, 1985; Longstaff, 1981).

Plantas con actividad insecticida contra *S. zeamais*

El análisis de las alternativas botánicas contra el picudo del maíz revela que su verdadero valor trasciende lo meramente técnico para constituirse en tecnologías sociales con identidad cultural. Este principio se sustenta en prácticas etnobotánicas vigentes, como el uso reportado de *Piper auritum* (hierba santa) para el manejo de gorgojos en granos almacenados por comunidades Ch'ol de Chiapas (Cruz, 2023). Diversos estudios han demostrado la eficacia de extractos vegetales en el control del gorgojo del maíz. Este panorama de alternativas botánicas es notablemente diverso, como lo ejemplifica el trabajo de Arias et al. (2017), quien reportó que el extracto de pimienta boliviano (*Schinus molle* L.) presenta alta toxicidad sobre el insecto, además de efectos repelentes y antialimentarios. La amplitud de esta estrategia se confirma con otras especies vegetales, como ajo (*Allium sativum* L.), pimienta (*Piper* sp.), eucalipto (*Eucalyptus globulus* Labill.), orégano (*Origanum vulgare* L.), menta (*Mentha piperita* L.), jengibre (*Zingiber officinale* Roscoe) y albahaca (*Ocimum suave* Willd.), que también han mostrado eficacia contra *S. zeamais* (Padilla, 2015), constituyendo un verdadero arsenal de soberanía fitosanitaria comunitaria.

Entre las plantas más destacadas para el manejo del picudo del maíz se encuentra el epazote (*Chenopodium ambrosioides* L.) como caso paradigmático de integración cultura-naturaleza. Esta especie, ampliamente utilizada en la gastronomía mexicana, puede crecer de manera ruderal o, en algunos casos, como planta arvense (CONABIO, 2009). La solidez de su efectividad queda establecida por múltiples investigaciones: Pérez et al. (2017) reportaron tasas de mortalidad de *S. zeamais* de hasta el 100% al aplicar polvos vegetales al 7% p/p a los ocho días. Asimismo, Orozco (2016) documentó que el aceite esencial de esta planta ejerce efectos fumigantes, tóxicos y antixenóticos, con niveles de mortalidad entre 60 y 80%, según la concentración utilizada. Este perfil de eficacia concentración-dependiente se corrobora en otros trabajos, como los de Aros et al. (2019) y Armenta et al. (2020), que muestran que la eficacia insecticida puede depender de la concentración del extracto, alcanzando hasta el 100% de letalidad a 20% p/v, atribuida a compuestos activos como 2-careno, p-cimeno, isoascaridol, α -terpineno y (Z)-

ascaridol, siendo este último el más potente. Estos hallazgos validan científicamente el uso insecticida del epazote, un conocimiento empírico documentado en la tradición etnobotánica de comunidades mexicanas (Hernández et al., 2003), lo que dignifica dicho saber popular.

Otra especie empleada en el control de *S. zeamais* es la higuierilla (*Ricinus communis* L.), que presenta un perfil social complejo. Planta exótica de la familia Euphorbiaceae, considerada maleza en algunas regiones, pero cultivada con fines ornamentales o industriales (Martínez, 1989). Los estudios sobre su capacidad insecticida revelan un patrón de acción consistente bajo diferentes modalidades de aplicación. Gómez (2018) reportó mortalidad de *S. zeamais* a partir del 4% de polvo vegetal, mientras que Mendoza et al. (2016) observaron 100% de mortalidad con extracto de semillas, siendo crucial destacar que en dosis altas se puede afectar la calidad fisiológica de la semilla, un factor limitante para su uso en grano destinado a siembra. Esta advertencia convierte a la higuierilla en un recordatorio de que la efectividad técnica requiere capital cultural para su uso seguro. La viabilidad de esta alternativa queda reforzada por estudios con aceite esencial y polvos molidos que también han confirmado su efectividad, siendo una alternativa viable y de bajo costo para pequeños productores (Moo, 2011; Wale y Assegie, 2015; Armenta et al., 2020).

Además de las especies previamente mencionadas, otras plantas con potencial insecticida han sido evaluadas para el manejo de *S. zeamais* en granos almacenados, como una alternativa sostenible. Un análisis detallado del eucalipto (*Eucalyptus globulus* Labill.) permite apreciar la complejidad de los modos de acción etnobotánicos. Reyes et al. (2012) observaron que los vapores de aceites de *E. globulus* inducen hasta 100% de mortalidad en el barrenador menor de los granos (*Rhyzopertha dominica* F.) en trigo almacenado con la dosis más alta (15 µL). Sin embargo, contra *S. zeamais* el mecanismo parece ser más preventivo que curativo, González et al. (2016) reportaron que los aceites esenciales de *E. globulus* al 4 y 8% no provocaron un efecto insecticida de contacto contundente, pero como fumigante lograron 70% de mortalidad y presentaron efecto repelente sobre *S. zeamais*, reduciendo en más de la mitad la emergencia de la generación F1. En cuanto a extractos de *E. globulus*, Armenta et al. (2020) registraron una mortalidad del 32.5% sobre *S. zeamais*, siendo el segundo tratamiento más efectivo en la reducción de pérdida de peso del grano. Esta característica de bajo impacto fisiológico es fundamental, ya que pruebas de González et al. (2016) demostraron que su aplicación al 4 y 8% no afecta la germinación, lo que lo posiciona como una opción más segura que *R. communis* para granos destinados a semilla. Mossi et al. (2011) y Armenta et al. (2020) confirmaron además que el aceite de eucalipto posee un alto

potencial como repelente. Este perfil preventivo resuena con la lógica campesina de protección intergeneracional de semillas.

Gorgojo pardo del frijol *Acanthoscelides obtectus* Say, 1831

El gorgojo pardo del frijol (*Acanthoscelides obtectus* Say) es considerado una de las plagas más importantes de este grano a nivel mundial (Vilca-Mallqui et al., 2013). Su impacto se agrava en el contexto de las pérdidas poscosecha, que en México pueden alcanzar hasta el 35% y son atribuidas principalmente a la acción conjunta de *A. obtectus* y el gorgojo mexicano, *Zabrotes subfasciatus* (Boheman) (Nava et al., 2010). *A. obtectus* destaca por su alto potencial de crecimiento poblacional y su capacidad para reducir el peso de las semillas en aproximadamente un 10% en una sola generación (Jevremović et al., 2019). La presencia conjunta de estas especies representa una amenaza significativa para la preservación de las reservas de frijol.

Los daños ocasionados por *A. obtectus* superan el 20%, ya que las larvas se alimentan del interior de la semilla, la contaminan con excrementos y perforaciones que facilitan la entrada de hongos y otros patógenos, comprometiendo su calidad para consumo y comercialización (Cardona y Karel, 1990; Ramírez y Suris, 2015). Además, se reduce la viabilidad fisiológica de la semilla, afectando reservas nutricionales y capacidad germinativa (Dell'Orto y Arias, 1985). Los adultos también contribuyen a la contaminación del grano con fragmentos, excrementos y olores desagradables (Snelson, 1987).

El ciclo biológico del gorgojo pardo varía entre cinco y seis semanas, influido por factores ambientales. La temperatura óptima es de 30 °C con humedad relativa del 70%, condiciones bajo las cuales el desarrollo completo dura entre 22 y 26 días; temperaturas más bajas prolongan el ciclo (Capdeville, 1945; Duran, 1952; Dell'Orto y Arias, 1985).

Plantas con actividad insecticida contra *A. obtectus*

El manejo del gorgojo pardo del frijol cuenta con alternativas etnobotánicas que, más allá del control de plagas, representan herramientas de empoderamiento comunitario. Esta práctica se sustenta en conocimientos tradicionales documentados, como el uso de plantas del género *Nicotiana* (Solanaceae) como insecticidas en el estado de Hidalgo, México (Villavicencio-Nieto et al., 2010). Destaca el tabaquillo (*Nicotiana glauca*), planta perenne y cosmopolita de la familia Solanaceae, adaptada a condiciones adversas (Hernández, 1981). Su resiliencia ecológica la hace accesible incluso para agricultores en condiciones marginales. La base

química de su acción insecticida radica en alcaloides como la nicotina y, principalmente, la anabasina, de mayor toxicidad y concentrada en las hojas (Barboza et al., 2006), lo que sustenta sus usos documentados como fitorremediador, nematocida e insecticida (Cruz, 1997; Delfino et al., 2003; Chango, 2018).

Recientemente, Armenta-López et al. (2023) cuantificaron su eficacia para el control en almacén: un extracto etanólico al 20% p/v logró un 89% de mortalidad en *A. obtectus*, eliminó por completo la emergencia de la generación F1 y suprimió el daño a la semilla y la pérdida de peso del grano. Además, mostró un efecto repelente (0.1 en la escala de Mazzonetto y Vendramim, 2003). Como planta ruderal de amplia distribución (camino, terrenos baldíos, cercanías de parcelas), su disponibilidad y alta producción de biomasa la convierten en una tecnología social accesible que fortalece la autonomía de las comunidades rurales.

Este panorama se complementa con la cacachila *Karwinskia humboldtiana* Schult. & Zucc., que ejemplifica una especialización biocultural regional. Su efecto se atribuye a metabolitos secundarios neurotóxicos como las toxinas T-496, T-514, T-516 y T-544, presentes en semillas, hojas y raíces (Dreyer et al., 1975; Domínguez et al., 1976), reconocidos en el saber tradicional del noreste de México por sus propiedades tóxicas y medicinales (Estrada-Castillón et al., 2014). Significativamente, sus extractos también han mostrado actividad antifúngica contra *Aspergillus niger* en granos almacenados, con inhibiciones de hasta el 52% (Tequida et al., 2002), ofreciendo una protección integral contra insectos y hongos.

La validación de su potencial insecticida es sólida: extractos etanólicos al 10% p/v provocaron una mortalidad superior al 80% en adultos de *A. obtectus*, supresión total de la F1, ausencia de daño a la semilla y conservación de la capacidad germinativa (Armenta-López et al., 2023). Esta especie mostró, además, el mayor índice de repelencia entre las evaluadas.

Aunque *K. humboldtiana* tiene una distribución más restringida y menor biomasa disponible que *N. glauca*, constituye una alternativa de alta eficacia en las regiones donde está presente. Su valor reside no solo en los porcentajes de mortalidad, sino en su potencial para adecuarse al contexto biocultural específico, como sugiere su documentación en el saber tradicional regional y en su doble acción (insecticida y fungicida). Estas características la posicionan como un recurso promisorio para el desarrollo de estrategias integradas que podrían ser adaptadas por las comunidades locales.

LIMITACIONES Y PERSPECTIVAS

Pese a su potencial transformador, los extractos vegetales presentan limitaciones técnicas que deben entenderse desde una perspectiva de adecuación sociotecnológica más que como deficiencias absolutas. Si bien representan una alternativa económica y de fácil preparación que empodera a comunidades históricamente excluidas de los circuitos tecnológicos formales (Rodríguez et al., 2014), su eficacia puede ser inconsistente cuando se evalúa con criterios industrializantes. La vida útil de las preparaciones rara vez supera los 15 días y su disponibilidad está sujeta a la estacionalidad de las plantas, características que, lejos de ser meras debilidades, reflejan su naturaleza de tecnologías vivas adaptadas a ciclos naturales y no a lógicas de mercado. La principal desventaja radica en la variabilidad natural en la concentración de los metabolitos secundarios bioactivos, la cual fluctúa según condiciones climáticas y edáficas (Santacoloma y Granados, 2010), lo que puede resultar en una efectividad impredecible desde una mirada estandarizante, pero que las comunidades manejan mediante conocimiento local acumulado. Por ello, aunque se trata de una herramienta valiosa que los agricultores pueden adaptar a sus recursos y contextos específicos (Arcila et al., 2006), su implementación exitosa a nivel local requiere no un manejo técnico universal, sino un intercambio de saberes que integre mediciones científicas con calibraciones prácticas comunitarias.

Superar estas barreras técnicas para imaginar una aplicación a mayor escala introduce un desafío conceptual crucial: la tensión entre escalabilidad industrial y apropiación comunitaria. Es fundamental contextualizar que este problema surge al proyectar un modelo de comercialización masiva, no en el contexto del uso tradicional donde estas prácticas han demostrado su sostenibilidad por generaciones. Para las comunidades, la recolección silvestre a pequeña escala es una práctica sostenible que satisface su demanda sin ejercer presión sobre los ecosistemas, constituyendo un ejemplo de autosuficiencia tecnológica basada en recursos locales. Sin embargo, una transición hacia un mercado formal requeriría volúmenes de materia prima que la recolección extractiva no puede garantizar de forma sostenible, con el riesgo de conducir a la sobreexplotación (Briskin, 2000; Schippmann et al., 2002), lo que plantea el dilema ético de si la masificación comercial es el camino deseable para tecnologías que precisamente destacan por su carácter contextual y apropiado. En esta perspectiva, la domesticación y el cultivo especializado emergen no solo como una estrategia para asegurar el suministro, sino como un imperativo para la conservación, permitiendo conciliar el potencial comercial de estas especies con la protección de sus poblaciones

naturales (Katerere, 2014), pero siempre bajo esquemas que prioricen el beneficio comunitario sobre el lucro corporativo.

Para transitar de este potencial a una aplicación robusta, se vislumbran líneas de investigación concretas que deben desarrollarse mediante esquemas de innovación participativa. Una perspectiva inmediata es el desarrollo de protocolos estandarizados de bajo costo para la extracción, estabilización y control de calidad de los extractos, que puedan ser transferidos y adaptados por cooperativas de agricultores. Esto permitiría combinar el conocimiento local sobre las plantas con técnicas sencillas que aseguren una concentración y vida útil consistentes. Iniciativas como el programa federal "Sembrando Vida" en México (Gobierno de México, 2019), que promueve la agroforestería y el rescate de saberes locales, podrían constituir una plataforma ideal para pilotar estos protocolos, aprovechando su red de comunidades y su enfoque en la soberanía alimentaria. Paralelamente, es crucial la validación a nivel de finca en condiciones reales de almacenamiento, ajustando dosis y métodos de aplicación con los propios productores como coinvestigadores. Este proceso debe considerar retos logísticos clave, como la estandarización de la materia prima silvestre, el acceso a equipos básicos de procesamiento y la creación de canales locales de distribución o intercambio. Un tercer frente prometedor es la exploración de formulaciones sinérgicas que combinen extractos de diferentes plantas, buscando potenciar la eficacia y estabilidad del control, una estrategia que reflejaría la misma lógica de diversificación de los sistemas agrícolas tradicionales.

La literatura etnobotánica corrobora que la aceptación por parte del productor es un factor determinante, documentando el uso consensuado y cotidiano de recursos botánicos para la protección de cultivos (Shai et al., 2024). Esta aceptación ha mostrado una tendencia positiva reciente, impulsada por la creciente conciencia de los riesgos de los plaguicidas sintéticos, el aumento de su costo y la valoración renovada de los conocimientos locales. Sin embargo, esta aceptación no es automática; depende críticamente de que las alternativas botánicas demuestren eficacia comparable, ahorro económico tangible y facilidad de preparación en las condiciones del agricultor. La evidencia sugiere que la adopción es mayor cuando la tecnología se presenta no como un reemplazo impuesto, sino como una mejora y validación de prácticas ya existentes en la comunidad. Este enfoque integral, que prioriza la cocreación y la apropiación comunitaria sobre la mera transferencia tecnológica, es el que podría superar las limitaciones actuales. Como señala Rugumamu (2014), esto consolidaría a los bioplaguicidas etnobotánicos como una tecnología fiable; pero su éxito último se medirá por su capacidad para fortalecer la

autonomía tecnológica de las comunidades que durante siglos han custodiado estos conocimientos.

CONCLUSIONES

La integración del conocimiento etnobotánico en el manejo de plagas de almacén se consolida como una estrategia de doble impacto, ecológico y social. La evidencia científica aquí revisada valida la eficacia de plantas como el nim, higuerilla, tabaquillo y cacachila contra el picudo del maíz y el gorgojo del frijol, principalmente a través de metabolitos secundarios con acción repelente, inhibitoria y reguladora del crecimiento. Si bien persisten desafíos técnicos, como la vida útil limitada de los extractos y la variabilidad en la concentración de sus principios activos, estos no opacan su potencial transformador.

El verdadero valor de estas prácticas, confirmado por los ejemplos globales documentados, trasciende lo ecológico para convertirse en un pilar de soberanía alimentaria y autonomía comunitaria. Lejos de ser una mera sustitución de insumos, representan la revalorización de un sistema de conocimiento que empodera a los pequeños productores, los hace dueños de su tecnología de protección de granos y fortalece la resiliencia de sus sistemas alimentarios. El camino futuro, como revela el análisis de sus limitaciones y potencial, no es elegir entre la tradición y la ciencia, sino integrarlas en un modelo híbrido, que consiste en investigar formulaciones estables y promover estrategias de cultivo que permitan escalar el beneficio, sin dejar de rescatar y defender el conocimiento tradicional que le da sentido. Esta es la vía para lograr, simultáneamente, la protección efectiva de las cosechas y el desarrollo resiliente de quienes las cultivan.

LITERATURA CITADA

- Ali, A.D., Ior, L.D., Dogo, G.A., Joshua, J.I., & Gushit, J.S. (2022). Ethnobotanical survey of plants used as biopesticides by indigenous people of Plateau State, Nigeria. *Diversity*, 14(10), 851. <https://doi.org/10.3390/d14100851>
- Arcila, C. J., Valencia, P. N., Bernal, V. M. E., & Castaño, R. E. (2006). Evaluación del extracto del trompeto (*Bocconia frutescens* L.) en el manejo de problemas fitosanitarios de interés agrícola. *Cultura y Droga*, 11, 175–210. <https://revistasoj.s.ucaldas.edu.co/index.php/culturaydroga/article/view/5992/5408>
- Arias, J., Silva, G., Figueroa, I., Fischer, S., Robles-Bermúdez, A., Rodríguez-Maciel, J. C., & Lagunes, T. A. (2017). Actividad

insecticida, repelente y antialimentaria del polvo y aceite esencial de frutos de *Schinus molle* L. para el control de *Sitophilus zeamais* (Motschulsky). *Chilean Journal of Agricultural & Animal Sciences*, 33(2), 93–104. <https://doi.org/10.4067/S0718-58392017000200093>

Armenta, L. A. R., Lugo, G. G. A., Sánchez, S. B. H., Almada, R. V. G., & Nava, P. E. (2020). Alternativas biorracionales para el manejo del picudo del maíz *Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1855 (Coleoptera: Curculionidae). *Entomología Mexicana*, 7, 124–130. <https://www.acaentmex.org/entomologia/revista/2020/EA/Em%20EA%20124-130.pdf>

Armenta-López, A. R., Nava-Pérez, E., Lugo-García, G. A., Sánchez-Soto, B. H., Romero-Felix, C. S., & Gaxiola-Félix, J. (2023). Extractos vegetales para el manejo del gorgojo del frijol. *Southwestern Entomologist*, 47(4), 903–914. <https://doi.org/10.3958/059.047.0405>

Arnason, J. T., Philogéne, B. J. R., & Morand, P. (1989). Insecticides of plant origin. *American Chemical Society*. <https://doi.org/10.1021/bk-1989-0387.fw001>

Aros, J., Silva, A. G., Fischer, S., Figueroa, I., Rodríguez, M. J. C., Lagunes, T. A., & Aguilar, M. L. (2019). Actividad insecticida del aceite esencial del paico (*Chenopodium ambrosioides* L.) sobre *Sitophilus zeamais* Motschulsky. *Chilean Journal of Agricultural & Animal Sciences*, 35(3), 282–289. <https://www.scielo.cl/pdf/chjaasc/v35n3/0719-3890-chjaasc-00504.pdf>

Barboza, G., Cantero, J. J., Nuñez, C., & Espinar, L. A. (2006). Flora medicinal de la Provincia de Córdoba (Argentina). Pteridófitas y Antófitas silvestres o naturalizadas. Museo Botánico de Córdoba.

Bello, A., Tello, J., López, P. J. A., & García, A. A. (2002). Los sistemas agrarios mediterráneos como modelo agroecológico. En J. Labrador, J. L. Porcuna, & A. Bello (Eds.), *Agricultura y Ganadería Ecológica* (pp. 35–52). SEAE, Mundi-Prensa. https://www.researchgate.net/publication/260013023_Sistemas_agrarios_mediterraneos_como_modelo_agroecologico#fullTextFileContent

- Briskin, D. P. (2000). Medicinal plants and phytomedicines. Linking plant biochemistry and physiology to human health. *Plant Physiology*, 124 (2), 507–514. <https://doi.org/10.1104/pp.124.2.507>
- Capdeville, C. (1945). Plagas de la agricultura en Chile (358 p.).
- Cardona, C., & Karel, A. K. (1990). Key insects and other invertebrate pests of beans. En S. R. Singh (Ed.), *Insect pests of tropical food legumes* (pp. 157-191). John Wiley and Sons. <https://doi.org/10.1017/S0021859600078370>
- Chango, C. L. F. (2018). Aplicación de extractos vegetales de palo bobo (*Nicotiana glauca*), clavel chino (*Tagetes patula*) y mostaza (*Sinapis alba*) para el control de nematodos en el cultivo de tomate riñón (*Lycopersicum esculentum*) [Tesis de licenciatura, Universidad Técnica de Ambato]. Ambato, Ecuador. <https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/9caaa33f-56ac-49fc-8a15-099d21a20886/content>
- Chhetry, G., & Belbahri, L. (2009). Prácticas indígenas de manejo de plagas y enfermedades en sistemas agrícolas tradicionales del noreste de la India: Una revisión. *Journal of Plant Breeding and Crop Science*, 1, 28–38. https://www.researchgate.net/publication/228815254_Indigenous_pest_and_disease_management_practices_in_traditional_farming_systems_in_north_east_India_A_review#fullTextFileContent
- CICOPLAFEST. (2004). Catálogo oficial de plaguicidas. Ciudad de México, México: Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas.
- CONABIO. (2009). Ficha: Epazote, *Chenopodium ambrosioides*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/chenopodiaceae/chenopodium-ambrosioides/fichas/ficha.htm>
- Cremlyn, R. (1995). Plaguicidas modernos y su acción bioquímica (335 p.). Editorial Limusa. México, D.F.
- Cruz, H. L. (1997). Evaluación del efecto insecticida de cinco extractos de plantas regionales con el pulgón *Brevicoryne brassicae* L. [Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro]. Saltillo, Coahuila. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456>

789/689/54503%20Cruz%20Hernandez%2c%20Leonardo.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Cruz, M.L.B. (2023). Agrobiodiversidad de maíz y frijol en la milpa Ch'ol del ejido Amado Nervo, municipio de Yajalón, Chiapas, México [Tesis de licenciatura, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas]. Repositorio Institucional UNICACH. <https://repositorio.unicach.mx/handle/20.500.12753/5012>
- Delfino, M. R., Sarno, M. C., Martínez, C. E., & Rinaldi, D. S. (2003). Cadmio en hojas de tabaco. Universidad Nacional del Noroeste. Comunicaciones Científicas y Tecnológicas, P, 50–82.
- Dell'Orto, T. H., & Arias, C. V. (1985). Insectos que dañan granos y productos almacenados. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe, Santiago de Chile. <https://www.fao.org/4/x5053s/x5053s00.htm>
- Domínguez, X. A., Temblador, S., & Cedillo, M. E. (1976). Estudio químico de la raíz de la tullidora (*Karwinskia humboldtiana* Zucc.). Revista Latinoamericana de Química, 7, 46–48.
- Dreyer, D., Arai, I., Bashman, C., Anderson, M., Smith, R., & Daves, D. (1975). Toxins causing non-inflammatory, paralytic neuropathy: Isolation and structure elucidation. Journal of the American Chemical Society, 87, 4986. <https://doi.org/10.1021/ja00850a037>
- Duran, L. (1952). Aspectos ecológicos de la biología del San Juan verde, *Hylamorphia elegans* (Burm.), y mención de las demás especies de escarabeidos perjudiciales en Cautín. Agricultura Técnica (Chile), 12(1), 24–36. https://oes.chileanjar.cl/files/V12I1A03_es.pdf
- Durana, F. G. (2013). Uso responsable de plaguicidas en el acopio de granos: Estudio de caso, Planta de Semillas del INTA Anguil [Tesis de maestría, Universidad de Buenos Aires]. Buenos Aires, Argentina.
- Estrada-Castillón, E., Garza-López, M., Villarreal-Quintanilla, J. Á., Salinas-Rodríguez, M. M., Soto-Mata, B. E., González-Rodríguez, H., González-Uribe, D. U., Cantú-Silva, I., Carrillo-Parra, A., & Cantú-Ayala, C. (2014). Ethnobotany in Rayones, Nuevo León, México. Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine, 10, 62. <https://doi.org/10.1186/1746-4269-10-62>

- Gobierno de México. (2019, 24 de enero). Lineamientos de Operación del Programa Sembrando Vida. Diario Oficial de la Federación. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5548785&fecha=24/01/2019
- Gómez, H. A., González Mejía, O., & González Cortázar, J. C. (2018). Vegetales pulverizados para el manejo de *Sitophilus zeamais* Motschulsky en almacenamiento. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 9(4), 787-798.
- González, R., Silva, G., Urbina, A., & Gerding, M. (2016). Aceite esencial de *Eucalyptus globulus* Labill. y *Eucalyptus nitens* H. Deane & Maiden (Myrtaceae) para el control de *Sitophilus zeamais* Motschulsky. *Chilean Journal of Agricultural & Animal Sciences*, 32(3), 204-216. <https://www.scielo.cl/pdf/chjaasc/v32n3/aop0516.pdf>
- Guo, C., Wang, L., Chen, N., Zhang, M., Jia, J., Lv, L., & Li, M. (2024). Advances in research and utilization of botanical pesticides for agricultural pest management in Inner Mongolia, China. *Chinese Herbal Medicines*, 16(2), 248-262. <https://doi.org/10.1016/j.chmed.2023.04.002>
- Harborne, J. B. (1994). *The flavonoids: Advances in research since 1986*. Chapman & Hall. Londres. <https://doi.org/10.1201/9780203736692>
- Hernández, H. M. (1981). Sobre la ecología reproductiva de *Nicotiana glauca* Grah.: Una maleza de distribución cosmopolita. *Botanical Sciences*, 41, 47-73. <https://www.botanicalsciences.com.mx/index.php/botanicalSciences/article/download/1248/1445>
- Hernández, X. E. (1985). *Lecturas en etnobotánica*. Xolocotzia No. 581-972 H46. México.
- Hernández, T., Canales, M., Ávila, J. G., Duran, A., Caballero, J., Romo de Vivar, A., & Lira, R. (2003). Ethnobotany and antibacterial activity of some plants used in traditional medicine of Zapotitlán de las Salinas, Puebla (México). *Journal of Ethnopharmacology*, 88*(2-3), 181-188. [https://doi.org/10.1016/S0378-8741\(03\)00213-7](https://doi.org/10.1016/S0378-8741(03)00213-7)

- Hernández, R. C. (2008). Manejo integrado de gorgojos en graneros rústicos. *Revista de Agroecología (LEISA)*, 23(4), 32–35. <https://leisa-al.org/web/revista/volumen-23-numero-04/alternativas-para-el-manejo-integrado-de-gorgojos-en-graneros-rusticos/>
- Hills, D. S. (2003). *Pests of stored foodstuffs and their control*. Kluwer Academic Publishers. New York. <https://link.springer.com/book/10.1007/0-306-48131-6>
- Hinton, H. E., & Corbet, A. S. (1995). *Common insect pests of stored products: A guide to their identification (Economic Series 5)*. British Museum (Natural History), London, England. <https://archive.org/details/commoninsectpest0000unse>
- Ileke, K.D., Idoko, J.E., Ojo, D.O., Adesina, B.C. (2020). Evaluation of botanical powders and extracts from Nigerian plants as protectants of maize grains against maize weevil, *Sitophilus zeamais* (Motschulsky) [Coleoptera: Curculionidae]. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology* 27: 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2020.101702>
- Isman, M. B. (2020). Botanical insecticides in the twenty-first century – fulfilling their promise? *Annual Review of Entomology*, 65, 233-249. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-011019-025010>
- Jevremović, S., Lazarević, J., Kostić, M., Krnjajić, S., Ugrenović, V., Radonjić, A., & Kostić, I. (2019). Contact application of Lamiaceae botanicals reduces bean weevil infestation in stored beans. *Archives of Biological Sciences*, 71(4), 665-676. <https://doi.org/10.2298/ABS190617049J>
- Katerere, D. R. (2014). Commercialization of ethnoveterinary botanical products. In A. Gurib-Fakim (Ed.), *Novel Plant Bioresources: Applications in Food, Medicine and Cosmetics* (pp. 285-290). Wiley-Blackwell. <https://www.wiley.com/en-us/Novel+Plant+Bioresources%3A+Applications+in+Food%2C+Medicine+and+Cosmetics-p-9781118460610>
- Lagunes, A. (1984). Empleo de sustancias vegetales contra plagas del maíz como una alternativa al uso de insecticidas en áreas de temporal. Informe del Proyecto Cooperativo PROAF-CONACyT-PCAFBNA-001299 CONACyT-CP-UACH-INIA-DGSV, Chapingo, México. 162 p.

- Lagunes, T. A. (1993). Uso de extractos vegetales y polvos minerales para el combate de plagas del maíz y del frijol en la agricultura de subsistencia. Memorias del Colegio de Postgraduados, Montecillo, Estado de México, 31 p.
- Longstaff, B. C. (1981). Biology of the grain pest species of the genus *Sitophilus* (Coleoptera: Curculionidae): A critical review. *Protection Ecology*, 3 (2), 83-130. <https://www.cabdigitallibrary.org/doi/full/10.5555/19810587510>
- Martínez, M. P. (1989). Las plantas medicinales de México. Ed. Botas. México.
- Matías-Oregán, A. I., Pérez-Torres, B. C., Aragón-García, A., Juárez-Ramón, D., López-Olgún, J. F., & Aragón-Sánchez, M. (2022). Agroecological strategies for *Sitophilus zeamais* handling in maize stored. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 39(1), e223921. [https://doi.org/10.47280/RevFacAgron\(LUZ\).v39.n1.21](https://doi.org/10.47280/RevFacAgron(LUZ).v39.n1.21)
- Mutungi, C., Tungu, J., Amri, J., Gaspar, A., & Abass, A. (2022). Nutritional benefits of improved post-harvest handling practices for maize and common beans in Northern Tanzania: A quantitative farm-level assessment. *Journal of Stored Products Research*, 95, 101918. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2021.101918>
- Mazzonetto, F., & Vendramim, J. D. (2003). Efeito de pós de origem vegetal sobre *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae) em feijão armazenado. *Neotropical Entomology*, 32, 145-149. <https://www.scielo.br/j/ne/a/4gnmTPMK7Y8xWKGFFfG6KWt/?format=pdf&lang=pt>
- Medrano, G. M. I. (2000). Evaluación de tres productos orgánicos para el control del gorgojo del maíz *Sitophilus zeamais* M. en granos almacenados en el municipio de Chiquimula, Departamento de Chiquimula [Tesis de licenciatura, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Chiquimula, Guatemala. 40 p. https://cunori.edu.gt/descargas/EVALUACIN_DE_TRES_PRODUCTOS_ORGNICOS_PAR_EL_CONTROL_DE_GORGOJO_DEL_MAZ_Sitophilus_zeamais_M_EN_GRANOS_ALMA.pdf
- Mejía, O. R. (2003). Estudio de efectividad biológica de insecticidas en las siguientes plagas de granos almacenados: *Sitophilus granarius* (L.), *Prostephanus truncatus* (Horn) y *Tribolium confusum* (Duval) [Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma Agraria

- Antonio Narro]. Saltillo, Coahuila. 68 p.
<http://repositorio.uaaan.mx:8080/handle/123456789/4163>
- Mendoza, E. M., Rodríguez, P. G., Guevara, A. L. P., Andrio, E. E., Rangel, L. J. A., Rivera, R. J. G., & Cervantes, O. F. (2016). Bioinsecticidas para el control de plagas de almacén y su relación con la calidad fisiológica de la semilla. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(7), 1599–1611.
<https://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v7n7/2007-0934-remexca-7-07-1599.pdf>
- Moo, M. (2011). Evaluación de diferentes polvos vegetales para el control del gorgojo del maíz (*Sitophilus zeamais* Motschulsky) [Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro]. Coahuila, México. 58 p.
<http://repositorio.uaaan.mx:8080/handle/123456789/4313>
- Moore, S. J., & Lenglet, A. D. (2004). An overview of plants used as insect repellents. In M. Willcox, G. Bodeker, & P. Rasoaivo (Eds.), *Traditional medicinal plants and malaria* (pp. 343–363). CRC Press. Boca Raton.
- Mossi, A. J., Astolfi, V., Kubiak, G., Lerin, L., Zanella, C., Toniazzi, G., & Restello, R. (2011). Insecticidal and repellency activity of essential oil of *Eucalyptus* sp. against *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91(2), 273–277.
<https://repositorio.udec.cl/server/api/core/bitstreams/50e3c30d-9285-48f3-8e8f-eeee432da1c7/content>
- Nava, P. E., Hurtado, P. G., Báez, J. R. C., Valdez-Torres, B., Ruiz, C. R. B., & Herrera-Flores, R. (2010). Utilización de extractos de plantas para el control de gorgojo pardo *Acanthoscelides obtectus* (Say) en frijol almacenado. *Ra Ximhai: Revista científica de sociedad, cultura y desarrollo sostenible*, 6(1), 37–44.
<https://doi.org/10.35197/rx.06.01.2010.05.ep>
- Orozco, P. M. I. (2016). Actividad insecticida y antixenótica del aceite de *Chenopodium ambrosioides* L. (Chenopodiaceae) silvestre sobre *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae) [Tesis de maestría, Universidad de Concepción]. Concepción, Chile. 54 p.
<https://repositorio.udec.cl/server/api/core/bitstreams/50e3c30d-9285-48f3-8e8f-eeee432da1c7/content>

- Padilla, A.O.E. (2015). Metodologías de tratamiento del gorgojo *Sitophilus zeamais* en maíz almacenado, como un aporte al manejo agroecológico de plagas [Tesis de maestría, Universidad Politécnica Salesiana]. Quito, Ecuador. 70 p.
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/9026/1/UPS-QT068110.pdf>
- Pavela, R., & Benelli, G. (2016). Essential oils as ecofriendly biopesticides? Challenges and constraints. *Trends in Plant Science*, 21(12), 1000-1007.
<https://doi.org/10.1016/j.tplants.2016.10.005>
- Pérez, S. J., Ángel, R. M. D., & Pérez-Ángel, E. I. (2017). Actividad insecticida de polvos vegetales contra gorgojo de maíz *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). *Entomología Mexicana*, 4, 203-207.
https://acaentmex.org/entomologia/revista/2017/CB/EM2772017_203-207.pdf
- Pila, D., & Maqueda, R.H. (2023). Traditional knowledge and use of plants as agricultural insecticides from a gender perspective in three rural communities of the Ecuadorian Andes. *Ethnobotany Research and Applications*, 26, 1-12. <http://dx.doi.org/10.32859/era.26.22.1-12>
- Pizano, M. (2014). Eliminación del bromuro de metilo en países en vías de desarrollo: Una historia de éxito y sus retos. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. París.
- Rajendran, S., & Sriranjini, V. (2008). Plant products as fumigants for stored-product insect control. *Journal of Stored Products Research*, 44, 126-135. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2007.08.003>
- Rangel-Fajardo, M. A., Burgos-Díaz, J. A., Tucuch-Haas, J. I., Benítez-Riquelme, I., & García-Zavala, J. J. (2020). Susceptibilidad de poblaciones nativas de maíz y preferencia. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(7), 1469-1479.
<https://doi.org/10.29312/remexca.v11i7.2081>
- Ramírez, G. M. (1982). Almacenamiento y conservación de granos y semillas. CECSA. México, D. F. 293 p.
- Ramírez, M. M., González, J. J., Olmos, J. J., & Márquez, J. M. (1993). Entomofauna en los sistemas de almacenamiento de maíz y sorgo en San Juan de los Lagos, Jal. *Memorias del XXVIII Congreso de*

Entomología. Sociedad Mexicana de Entomología. Cholula, Puebla, 366 p.

- Ramírez, S., & Suris, M. (2015). Ciclo de vida de *Acanthoscelides obtectus* (Say) sobre frijol negro (*Phaseolus vulgaris* L.) en condiciones de laboratorio. *Revista de Protección Vegetal*, 30(2), 158–160. <https://censa.edicionescervantes.com/index.php/RPV/article/view/580/533>
- Regnault-Roger, C., Philogène, B. J. R., & Vincent, C. (Eds.). (2009). *Biopesticides of plant origin*. Intercept. Paris. 313 p. <https://doi.org/10.14411/eje.2009.029>
- Reyes, G. R., Borboa, F. J., Cinco, M. F. J., Rosas, B. E. C., Osuna, A. P. S., Wong, C. F. J., & León, L. J. D. (2012). Actividad insecticida de aceites esenciales de dos especies de *Eucalyptus* sobre *Rhyzopertha dominica* y su efecto en enzimas digestivas de progenies. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 18(3), 385–394. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2012.02.015>
- Rodríguez, H. C. (2000). Plantas contra plagas: Potencial práctico de ajo, anona, nim, chile y tabaco. Red de acción sobre plaguicidas y alternativas en México, 1–25.
- Rodríguez, J. E. F., Monar, J. B., & Andrade, X. F. (2014). El uso de biocidas botánicos para el control de las plagas en agricultura urbana. *Alternativas*, 15, 43–52. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5599775.pdf>
- Rugumamu, C. P. (2014). Potency of traditional insecticide materials against stored bean weevil, *Acanthoscelides obtectus* (Coleoptera: Bruchidae) in Tanzania. *Huria: Journal of the Open University of Tanzania*, 16, 126-139. <https://doi.org/10.4314/huria.v16i0>.
- Sánchez, R. J. M., & Torres, M. L. (2023). Educación, etnobotánica y rescate de saberes ancestrales en el Ecuador. Compilación de estudios de diferentes investigadores en la región sur de Ecuador, 8. <https://unl.edu.ec/sites/default/files/archivo/2024-01/SABERES%20Y%20EXPRESIONES%20ANCESTRALES%20VFinal.pdf#page=8>
- Santacoloma, V. L. E., & Granados, J. E. (2010). Evaluación del contenido de metabolitos secundarios en dos especies de plantas forrajeras encontradas en dos pisos térmicos de Colombia. *Revista de*

Investigación Agraria Nacional, 1, 31–35.
<https://doi.org/10.22490/21456453.890>

- Schippmann, U., Leaman, D. J., & Cunningham, A. B. (2002). Impact of cultivation and gathering of medicinal plants on biodiversity: global trends and issues. In Biodiversity and the ecosystem approach in agriculture, forestry and fisheries. Inter-Departmental Working Group on Biological Diversity for Food and Agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/4/aa010e/AA010E00.pdf>
- Shai, K. N., Materechera, S. A., Amoo, S. O., & Aremu, A. O. (2024). Ethnobotanical insights on the management of plant pests and diseases by smallholder farmers in Mpumalanga Province of South Africa. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 20(1), 71. <https://doi.org/10.1186/s13002-024-00711-x>
- Silva, G., Lagunes, A., Rodríguez, J. C., & Rodríguez, D. (2002). Insecticidas vegetales: Una vieja-nueva alternativa en el control de plagas. *Revista Manejo Integrado de Plagas (CATIE)*, 66, 4-12. <https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/6414/A2008e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Singhariya, S. K. (2023). An introduction to ethanobotany: Concept, history, importance and scope. *IJNRD*, 8(10), 391-397. <https://www.ijnrd.org/papers/IJNRD2310244.pdf>
- Snelson, J. T. (1987). Grain protectants. Australian Centre for International Agricultural Research. Canberra, Australia. 448 p. https://www.aciar.gov.au/sites/default/files/legacy/node/9608/mn3_pdf_16665.pdf
- Sutherland, J. P., Baharally, C., & Permaul, D. (2002). Use of the botanical insecticide, neem to control the small rice stinkbug *Oebalus poecilus* (Dallas, 1985) (Hemiptera: Pentatomidae) in Guayana. *Entomotropica*, 17, 96–101. https://www.researchgate.net/publication/280066766_Use_of_botanical_insecticide_neem_to_control_the_small_rice_stinkbug_Oebalus_poecilus_Dallas_1851_Hemiptera_Pentatomidae_in_Guayana/fullTextFileContent
- Tequida, M. M., Cortez, R. M., Rosas, B. E. C., López, S. S., & Corrales, M. C. (2002). Efecto de extractos alcohólicos de plantas silvestres sobre la inhibición de crecimiento de *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*, *Penicillium chrysogenum*, *Penicillium*

- expansum, *Fusarium moniliforme* y *Fusarium poae*. *Revista Iberoamericana de Micología*, 19(1), 84–88. <https://www.reviberoammicol.com/2002-19/084088.pdf>
- Thomas, W. (1997). Impacto ambiental de bromuro de metilo. En A. Bello, J. A. González, J. Pérez Parra, & J. Tello (Eds.), *Alternativas al Bromuro de Metilo en Agricultura* (pp. 13–18). Junta Andalucía, Sevilla, España, 13-18.
- Toledo, V. M. & Barrera-Bassols, N. (2008). La memoria biocultural: La importancia ecológica de las sabidurías tradicionales. Icaria Editorial. <https://www.uv.mx/orizaba/mgas/files/2016/03/memoria-biocultural.pdf>
- Torres, C. A. G., Esparza, T. B. O., González, L. C. A., & Torres, Z. R. (2016). Plagas de granos almacenados. *Artrópodos y Salud*, 6(2), 27–32.
- Trematerra, P., Ianiro, R., Athanassiou, C.G., & Kavallieratos, N.G. (2015). Behavioral interactions between *Sitophilus zeamais* and *Tribolium castaneum*: the first colonizer matters. *Journal of Pest Science*, 88(3), 573-581. <https://doi.org/10.1007/s10340-014-0633-z>
- Villavicencio Nieto, Miguel Ángel, Pérez-Escandón, Blanca Estela, & Gordillo-Martínez, Alberto José. (2010). Plantas tradicionalmente usadas como plaguicidas en el estado de Hidalgo, México. *Polibotánica*, (30), 193-238. <https://www.polibotanica.mx/index.php/polibotanica/article/view/823/1044>
- Wale, M., & Assegie, H. (2015). Efficacy of castor bean oil (*Ricinus communis* L.) against maize weevils (*Sitophilus zeamais* Mots.) in northwestern Ethiopia. *Journal of Stored Products Research*, 63, 38–41. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2015.05.006>
- White, N. D. G., & Leesch, J. G. (1996). Chemical control. En B. Subramanyam & D. W. Hagstrum (Eds.), *Integrated management of insects in stored products* (pp. 287–330). Marcel Dekker, Inc. <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.1201/9780203750612-7/chemical-control-noel-white-james-leesch>

- Wilson, C. L., El Ghaouth, A., & Wisniewski, M. E. (1999). Prospecting in nature's storehouse for biopesticides. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 17, 49–53.
- Vilca-Mallqui, K. S., Oliveira, E. E., & Guedes, R. N. C. (2013). Competition between the bean weevils *Acanthoscelides obtectus* and *Zabrotes subfasciatus* in common beans. *Journal of Stored Products Research*, 55, 32–35.
<https://doi.org/10.1016/j.jspr.2013.07.004>

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) y al Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR) del Instituto Politécnico Nacional (IPN), Unidad Sinaloa, por el apoyo brindado durante mi estancia posdoctoral. El proyecto institucional titulado “La etnobotánica como herramienta sustentable en el manejo de organismos fitopatógenos y de interés en la salud de la población vulnerable”, bajo la dirección del Dr. Eusebio Nava Pérez, proporcionó recursos, equipo y espacios de trabajo fundamentales para el desarrollo de las actividades científicas, entre ellas la elaboración de este artículo.

SÍNTESIS CURRICULAR

Dr. Arturo Rafael Armenta López

Es Ingeniero agrónomo con acentuación en Protección Vegetal, Maestro y Doctor en Ciencias Agropecuarias por la Facultad de Agricultura del Valle del Fuerte (UAS). Actualmente realiza una estancia posdoctoral en el CIIDIR-IPN. Su trayectoria académica se ha caracterizado por el enfoque en el manejo agroecológico de plagas, con especial énfasis en el gorgojo del maíz y el gorgojo pardo del frijol, desarrollando alternativas de control tanto en laboratorio como en condiciones de almacenamiento. Correo: aral-150494@hotmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7417-3121>

Dr. Eusebio Nava Pérez

Es Ingeniero Bioquímico (ITLM), Maestro en Ciencias y Tecnología de los Alimentos (FCQB-UAS) y Doctor en Desarrollo Sustentable de Recursos Naturales, por la Universidad Autónoma Indígena de México (UAIM). Desde hace 27 años se desempeña como investigador en el

CIIDIR-IPN. Su línea de investigación se centra en el manejo biorracional de plagas y enfermedades, incluyendo insectos y hongos, tanto en campo como en almacenamiento. Desde 2010 ha publicado más de 25 artículos científicos y capítulos de libro, además de haber dirigido tesis de pre y posgrado. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores y ha colaborado como capacitador con el Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria. Correo: eusebionavaperez@yahoo.com.mx; enavap@ipn.mx. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0525-0300>.

Dr. Adalid Graciano Obeso

Profesor Investigador de Tiempo Completo Titular B del Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico Superior de Guasave, cuenta con Doctorado en Ciencias en Estudios para la Sostenibilidad y Medio Ambiente. Sus líneas de investigación son Sistemas de Producción Agrícola Sustentable Y Biotecnología Agrícola. Forma parte del Cuerpo Académico en Consolidación ITESGUA-CA-1, tiene el reconocimiento de Perfil Deseable de PRODEP. Miembro del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores (SNII) y del Sistema Sinaloense de Investigadores y Tecnólogos (SSIT) del estado de Sinaloa. Correo: adalid.go@guasave.tecnm.mx. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0849-0054>.