



Vol. 9 No. 17.

Periodo: Enero –junio de 2026

DOI:10.58299/mica.v9i17.118

Pp. 1-25

Análisis de referencia bibliográfica del Gorgojo de la harina *Tribolium* spp. como biodegradador de plástico

Bibliographic reference analysis of the flour beetle *Tribolium* spp. as a plastic biodegrade

Sandra Edith Martínez Villarreal

Colegio de Posgraduados
Entomología y Acarología
Texcoco, Estado de México
martinez.sandra@colpos.mx
<https://orcid.org/0009-0003-7769-8726>

José Alfredo Castellanos Suárez

Coordinador de la línea 1 del centro de
Investigaciones Interdisciplinaria y de Servicio
en Ciencia, Naturaleza, Sociedad y Cultura
jcastellanoss@chapingo.mx
<https://orcid.org/0000-0001-8950-1992>

Resumen

Problema de investigación: *Tribolium* spp. plaga potencial en la industria alimentaria. **Objetivo general:** es analizar la información de 1999 a 2025, sobre la biodegradación de plásticos por el gorgojo de la harina para validar si es una alternativa en la biodegradación de plásticos. **Clasificación y diseño:** de acuerdo a datos recolectados es científica y retrospectiva, con alcance descriptivo analítico. **Población y muestra:** de fuente secundaria y plan de recolección en: Redalyc, Scielo y Google académico, muestra total: 972 artículos identificados; muestra final: 34 estudios experimentales sobre la familia Tenebrionidae y *Tribolium* spp. que actúan como biodegradadores de plástico. **Instrumentos de investigación:** mediante la metodología PRISMA. **Validación de instrumentos:** mediante criterios de inclusión y exclusión PRISMA. **Análisis de datos:** estadística descriptiva y síntesis cualitativa. **Resultados:** muestran al gorgojo de la harina en estado adulto o larva, biodegrada plásticos: PS, PE, PUR, XPS y EPS. **En conclusión:** *Tribolium* spp. es una alternativa viable para la biodegradación de plásticos.

Palabras clave: biodegradación; gorgojo; plásticos; Tenebrionidae; *Tribolium*.

Abstract

Research problem: **Tribolium** spp. as a potential pest in the food industry. **General objective:** to analyze information from 1999 to 2025 regarding plastic biodegradation by the flour beetle, in order to validate its potential as an alternative for plastic biodegradation. **Classification and design:** Based on collected data, this is a retrospective scientific study with a descriptive-analytical scope. **Population and sample:** Derived from secondary sources via Redalyc, SciELO, and Google Scholar; total sample: 972 identified articles; final sample: 34 experimental studies focusing on the Tenebrionidae family and **Tribolium** spp. acting as plastic biodegraders. **Research instrument:** PRISMA methodology. **Instrument validation:** PRISMA inclusion and exclusion criteria. **Data analysis:** Descriptive statistics and qualitative synthesis. **Results:** the flour beetle (in adult or larval stages) was found to biodegrade PS, PE, PUR, XPS, and EPS plastics. **Conclusion:** **Tribolium** spp. represents a viable alternative for plastic biodegradation. **Keywords:** biodegradation, pest, plastics, Tenebrionidae, *Tribolium*.

Keywords: biodegradation; weevil; plastics; Tenebrionidae; *Tribolium*.

Introducción

Problema de investigación

Los residuos plásticos se han convertido en un problema ambiental global, ya que se acumulan en organismos y ecosistemas a través de cadenas tróficas, en forma de microplásticos y macroplásticos que permanecen estables durante largos periodos antes de descomponerse en monómeros, que luego se mineralizan (Flores, 2020). Los restos de espumas de polietileno (PE) y poliestireno (PS) pueden ser confundidos como alimento y ser ingeridos por la fauna silvestre, causándole enfermedades y la muerte (Fabreag y Familara, 2019).

Sin embargo, se ha demostrado la capacidad de diversos organismos superiores para biodegradar plásticos, como las larvas de palomillas (*Galleria mellonella* L.) y las larvas de escarabajos familia Tenebrionidae. Estos hallazgos han permitido replantear preguntas acerca de la factibilidad de la biodegradación de plásticos y han establecido una novedosa perspectiva para la investigación de nuevos organismos que podrían presentar estas características (Rodríguez et al., 2021).

Tribolium spp. (Familia Tenebrionidae) se considera una plaga de importancia para cereales, como el arroz, maíz y trigo. Es favorable el alto contenido de humedad. Los daños económicos que genera son: contaminación del cereal, harina o grano, desprende un fuerte olor y el sabor es desagradable, se tiñe de color marrón los granos (Menegaz, 2010).

En esta revisión bibliográfica se analizará la información que se ha generado hasta el momento acerca del proceso de biodegradación de plásticos con el gorgojo de la harina *Tribolium spp.*, con la finalidad de responder si representa una alternativa viable para la degradación de plásticos, de acuerdo a lo estipulado con la norma de biodegradabilidad ISO 17088 (EUPC, 2009).

Referente teórico

Biodegradabilidad

Cien millones de toneladas de plástico se producen cada año. Alrededor del 30 % se usa en material de empaque, es decir, material de rápido desecho con vida útil corta y va a parar a los rellenos sanitarios a permanecer allí por más de 100 años (Stevens, 2002, 238 p.). En México el consumo de plásticos supera los 7 millones de toneladas anuales. Del total mencionado el 45% se destina a envases y empaques, siendo de 3, 193,200 toneladas. (ANIPAC, 2025).

Una alternativa para la acumulación de plásticos en rellenos sanitarios, es la biodegradabilidad, es un proceso natural en el que un material por acción biológica, cambia y en general pierde sus propiedades originales y a nivel químico las moléculas que lo conforma se convierten en formas más simples y estables. Los microorganismos transforman los compuestos orgánicos, en productos menos tóxicos que los compuestos originales. La biodegradación puede ser primaria y conducir a simples alteraciones estructurales del compuesto, o bien su conversión a productos inorgánicos de bajo peso molecular y constituyentes celulares, en cuyo caso se denomina biodegradación última o mineralización (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico OCDE, 1992; citado por Vázquez-Rodríguez y Beltrán-Hernández, 2004).

Algunos factores requeridos para la biodegradación son: presencia de microorganismos, presencia de aire (en caso de que se requiera), humedad y minerales necesarios, temperatura adecuada dependiendo del tipo de microorganismo (entre 20 °C y 60 °C) y un valor de pH adecuado (entre 5 y 8) (Fritz et al. 1994, citado por Menesses et.al., 2007).

Un polímero biodegradable es capaz de descomponerse en CO₂, metano, agua, componentes inorgánicos o biomasa, como resultado de la acción de microorganismos. Los polímeros compostables son materiales biodegradables que adicionalmente son capaces de experimentar la biodegradación en un medio de compost y se descomponen a una velocidad cercana a la de los materiales compostables conocidos (Advanced Plastic Technologies, 2020).

La International Standard Organization (ISO), define a los bioplásticos como aquellos plásticos que se degradan por la acción de microorganismos. Son estructuras poliméricas que permiten mantener completamente la integridad física durante su manufactura, posterior almacenamiento, envasado, vida en estanterías y uso por el consumidor, pero al final de su vida útil son desechados y sufren cambios químicos por influencia de agentes ambientales y microorganismos, que lo transforman en sustancias simples o en componentes menores que eventualmente se asimilan al medio ambiente (Escudero, 2011).

European Plastics Converters (2009) menciona que la certificación y el etiquetado de los bioplásticos como biodegradables/compostables, permite tratar estos materiales post-consumo junto con la fracción orgánica (restos de comida, poda, papeles) de los residuos sólidos urbanos en plantas de compostaje.

Referencias bibliográficas como la investigación de Castellón *et al.* (2016), mostraron que las bolsas llamadas degradables presentaron mayor pérdida de masa, mayor absorción de agua, y menor resistencia mecánica antes y después de la exposición al ambiente que las bolsas convencionales, demostrando que las modificaciones químicas realizadas por los fabricantes realmente favorecen su degradación.

Ruiz *et al.* (2013) realizaron un estudio en el que: “los resultados mostraron que el PLA (ácido poliláctico), el papel recubierto por PLA y el polímero de maíz no presentan una degradación adecuada en estos sistemas. Esto se atribuye a que no se tienen las condiciones necesarias para iniciar la hidrólisis que el biopolímero requiere para disminuir su masa molecular y hacerlo susceptible al ataque microbiológico y/o a la digestión por lombriz. En cambio, el material de bagazo de caña de azúcar mostró un desempeño positivo en la prueba”.

En la investigación de García (2015), se planteó un método de obtención (a escala de laboratorio) de un bioplástico a partir de almidón de maíz, que es un recurso natural renovable. Los plásticos biodegradables ofrecen una serie de ventajas cuando se comparan con los plásticos convencionales. Estos son completamente degradados en compuestos que no dañan el medio ambiente: agua, dióxido de carbono y humus. Tal y como se comprobó en la parte experimental. Al material obtenido se le realizaron pruebas mecánicas y fisicoquímicas, para comprobar su resistencia y porcentaje de biodegradabilidad con el fin de demostrar que es un bioplástico y dar recomendaciones de los posibles usos industriales que pueda tener” (p. 32).

En conclusión, los bioplásticos constituyen la oportunidad estratégica para la exigencia medio ambiental gestada durante estos últimos años, debida a la acumulación de materiales sintéticos. La evaluación del proceso de biodegradación de estos materiales poliméricos está determinada para el desarrollo de investigaciones relacionadas con el favorable impacto ambiental (Rodríguez, 2011)

Tribolium spp. plaga de las harinas y biodegradador.

De acuerdo a Animal Diversity Web (ADW) (2025), *Tribolium spp.* se clasifica: Reino: Animalia, Filo: Artrópodos, Clase: Insecta, Orden: Coleóptera, Familia: Tenebrionidae, Género: *Tribolium*, Nombre científico: *Tribolium spp.*, Especie: *Tribolium castaneum* (escarabajo de la harina roja), Especie: *Tribolium confusum* (escarabajo de la harina confusa).

Hay evidencia histórica de *Tribolium spp.* desde que los seres humanos han almacenado y molido granos como medio de alimento para el invierno y las épocas del año de difícil cosecha. Tanto los adultos como las larvas se alimentan de harina y de granos, prefiriendo los que se encuentran partidos, dañados y con un alto grado de contaminación. Las larvas, que son las responsables de los mayores perjuicios, horadan los granos alojándose en su interior. Los productos atacados se contaminan y quedan con un olor nauseabundo (Bentancourt y Scatoni, 1999, 50-51 p.).

El escarabajo es holometábolo (metamorfosis completa). Su ciclo de vida: huevo, larva, pupa y adulto. La hembra deposita entre 300 a 500 huevos pegajosos, blanco-transparentes sobre o entre materiales alimenticios, en grietas, bolsas, plásticos o a través de la malla de sacos que contengan alimento o semillas; deposita de dos a tres huevos en el transcurso del día y su periodo de vida es de dos a tres años. Los huevos eclosionan en cinco y doce días en larvas blancas que pasan de 5 a 18 instares (siendo un promedio de 7 a 8 días) y alcanzan la madurez aproximadamente en 30 días bajo condiciones óptimas de temperatura y humedad relativa, el ciclo de vida de esta especie puede completarse en tres semanas o puede requerir tres meses o más (Santos, 2024). De acuerdo a Bennet et al. (2012, p. 301) los adultos de *Tribolium confusum* no vuelan y pueden vivir hasta tres años.

Desharnais & Liu (1987) menciona: “Las poblaciones del escarabajo en laboratorio, que se mantienen bajo condiciones medio ambientales constantes normalmente exhiben grandes fluctuaciones en densidad y estructura de edad. Estas fluctuaciones son el resultado de las fuertes interacciones fisiológicas entre las etapas de vida, siendo la más importante el canibalismo. A parte de su dieta de harina los adultos consumen huevos, larvas, pupas y adultos inmaduros; las larvas por su lado comen huevos, pupas y adultos. Sin embargo, las más fuertes interacciones, parecen estar entre las fases móvil e inmóvil,

de tal manera que los adultos (fase móvil) comen principalmente huevos y pupas (fases inmóviles) y, las larvas (fase móvil) canibalizan a los huevos (fase inmóvil)” (p. 886).

“La historia de los insectos y los plásticos comienza con las quejas de los consumidores. Los insectos *Ephestia cautella* (Lepidoptera: Pyralidae), larva de *Plodia interpunctella* (Lepidoptera: Pyralidae) y adultos de *Tribolium confusum* (Coleoptera: Tenebrionidae), estaban comiendo envases consumibles a base de chocolate. La capacidad de degradación de los insectos se informó basándose en la observación de insectos que destruyen y comen materiales de embalaje plástico” menciona Therence (1997).

Xian et al. (2023) concluye que la biodegradación con insectos de plásticos PS (polestireno), PE (polietileno), PUR (poliuretano), podrían incrementarse a horas. La reacción es probablemente biorreacción dependiente de microbios intestinales o biorreacción sinérgica en los sistemas digestivos animales.

Sinópolis et. al (2011), realizó la caracterización del sistema digestivo de *T. castaneum* adulto, donde observó que el sistema digestivo se caracteriza por tres regiones: estomodeo, mesenterio y proctodeo. En toda la extensión del proctodeo, observó la membrana peritrófica, posicionada entre el contenido alimentario y el epitelio. Sus funciones son protegerlo contra daños mecánicos, funcionar como barrera frente a toxinas y sustancias perjudiciales para el insecto (Lehane, 1997).

Wang et al. (2020) aisló una bacteria: *Acinetobacter* sp. AnTc-1 del tracto intestinal de larvas de *T. castaneum* capaces de masticar y digerir XPS (Poliestireno extruido). Los experimentos de Resonancia Magnética Nuclear, Análisis termogravimétrico, GPC (Cromatografía de permeación de gel) y microscopía electrónica (SEM y TEM) confirmaron la presencia de modificaciones estructurales, la formación de grupos funcionales y la disminución en el peso molecular del PS (poliestireno) después de un periodo de 20 días de incubación de la cepa AnTc-1. Lo anterior sugiere que este microorganismo tiene la capacidad para degradar PS (poliestireno) y posiblemente juega un papel importante en el metabolismo intestinal de *T. castaneum*.

Rodríguez et al. (2021) menciona: “Los adultos del escarabajo *Tribolium castaneum* han mostrado la capacidad para producir daños estructurales en recipientes de PE (Polietileno) (Hassan et.al., 2014; Hassan et al., 2016) y en bloques de EPS (Poliestireno

expandido), donde se pudo observar una pérdida significativa en la masa del material (21.07%) durante un periodo de incubación de 20 días (Fabreag & Familara, 2019). Sin embargo, el grado de despolimerización y las modificaciones estructurales en las espumas plásticas no fueron confirmados mediante análisis instrumentales”.

Estudios realizados por Xia et al. (2020) con larvas del escarabajo rey (Tenebrionidae) *Zophobas atratus* [= *Z. morio*] observaron que este insecto también posee una capacidad importante para metabolizar EPS en su tracto digestivo. Los autores reportaron una tasa específica de degradación de EPS hasta 4 veces mayor a las reportadas anteriormente en *T. molitor* (escarabajo molinero). Además, los análisis respirométricos exhibieron una mineralización del 37.6% del EPS después de 16 días de tratamiento, tiempo durante el cual las larvas pudieron subsistir con una dieta exclusiva de material plástico.

Continuando con el análisis del humus generado por larvas del escarabajo rey, sugiere que existe una despolimerización parcial de las cadenas largas del EPS dentro del tracto intestinal de las larvas con la consecuente formación de productos de bajo peso molecular, confirmándose la biotransformación de este material. Estos resultados aumentan la probabilidad de que la capacidad para biodegradar polímeros plásticos se extienda a otros miembros de la familia Tenebrionidae (una de las más grandes del orden Coleoptera: 20,000 especies (Cifuentes-Ruiz & Zaragoza-Caballero, 2014).

En el trabajo realizado por Peng et al. (2019), se estudió la capacidad de las larvas de los escarabajos *Tenebrio obscurus* y *Tenebrio molitor* para degradar EPS (poliestireno expandido). Los resultados mostraron que las larvas de *T. obscurus* exhibieron una eficiencia de degradación del 40% mayor que la de *T. molitor*. Los análisis de FTIR (espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier) y termogravimetría (TGA) del material excretado por las larvas de ambas especies indicaron una disminución significativa del peso molecular del polímero, así como la formación de grupos funcionales hidrofílicos, lo que generaría una mayor solubilidad de la sustancia y, comúnmente, una disminución en su toxicidad y recalcitrancia.

La tasa de degradación de EPS tuvo un incremento importante en ambas especies cuando su dieta fue enriquecida con harina de maíz y salvado de trigo, esto parece indicar que, a pesar de contar con un sustrato capaz de abastecer sus demandas energéticas, la

voracidad de los organismos por el polímero plástico no decrece e incluso podría promoverse (Peng et al., 2019).

Houben et al. (2020) mencionan: “nuestros resultados indican que el excremento de *Tenebrio molitor* L. (familia Tenebrionidae) tiene un gran potencial para usarse como sustituto parcial o completo del fertilizante mineral NPK (Nitrógeno, fosforo y potasio). Grau et al. (2017) cita que la misma biomasa de estos organismos (*T. molitor*), rica en proteínas y lípidos, se puede utilizar como alimento vivo para animales y peces, carnada para pesca, para la elaboración de alimentos fortificados o para la obtención de aceites.

Rodríguez et al. (2021) concluye que el empleo de insectos para el tratamiento de polímeros plásticos no es actualmente una estrategia viable a gran escala; sin embargo, es importante señalar que la investigación en esta área no debería desincentivarse, ya que, considerando la gran diversidad de estas familias de insectos, parece probable que existan especies cuya capacidad para biodegradar estos polímeros aún no haya sido descubierta.

Evaluación de la biodegradación

La Organización Internacional de Normalización (2021) especifica los procedimientos y requisitos para plásticos y productos plásticos adecuados para el reciclaje orgánico mediante compostaje industrial. Esto incluye productos que se desintegrarán y biodegradarán satisfactoriamente junto con los residuos biológicos y producirán compost como resultado sin dejar residuos persistentes o peligrosos.

Objetivo

El objetivo de la investigación es analizar la bibliografía publicada de 1999 a 2025, sobre el proceso de biodegradación de plásticos mediante el gorgojo de la harina *Tribolium spp.*, con el fin de determinar si representa una alternativa viable para la gestión de estos residuos.

Hipótesis

En esta investigación bibliográfica, *Tribolium spp.* es capaz de biodegradar los plásticos y generar humus para la vida vegetal.

Método

Clasificación y diseño de la investigación

La presente investigación documental se clasifica como un nivel descriptivo y explicativo (Rojas, 2015). Descriptivo porque busca identificar, registrar y caracterizar de manera detallada la producción científica y bibliográfica generada entre 1999 y 2025, en torno al proceso de biodegradación de plásticos mediante el gorgojo de la harina (*Tribolium sp.*). El nivel explicativo: no se limita a la recopilación de datos, sino que se analiza y evalúa las causas, mecanismos y limitaciones reportadas en la literatura para determinar de manera crítica si el uso de esta especie representa una alternativa viable y sostenible para la biodegradación de residuos plásticos. Posteriormente se filtró la información por el método de PRISMA (Biblioteca de Universidad de Navarra, 2020). Figura 1.

Población de estudio

La población de estudio es la producción científica y literatura académica publicada entre los años 1999 y 2025, donde se aborde el uso del gorgojo de la harina *Tribolium spp.* en la degradación de polímeros. Se realizó investigación bibliográfica en bases de datos como: Redalyc, Scielo y Google académico. El protocolo de búsqueda se estableció utilizando palabras clave como Biodegradación, Tenebrionidae y *Tribolium spp.*, el operador boleano AND. Se consultó un libro de Manejo Integrado de Plagas Urbanas y una Guía de Insectos, así como tesis en línea referente a temas de biodegradación y *Tribolium spp.* Las bases de datos proyectaron 970 artículos más 2 libros. Un total de 272 ejemplares.

Instrumentos de investigación

El total de los ejemplares proyectados en las bases de datos, se filtró la información por el método de PRISMA (Biblioteca de Universidad de Navarra, 2020). Figura 1.

Variables de investigación

Categorías de análisis:

- Especie

El género *Tribolium spp.* agrupa pequeños escarabajos de la familia Tenebrionidae conocidos como gorgojos de la harina. Plagas comunes de granos almacenados, cereales y harinas (Bennett et al., 2012).

La familia Tenebrionidae agrupa coleópteros de 1 mm hasta 80 mm, alados o ápteros, ojos separados en 2 porciones por un canto epistomal, antenas insertadas bajo expansiones laterales de la frente (11 segmentos).

Tracto intestinal: sistema digestivo del escarabajo. Se divide en Stomodeum, Mesenteron y Proctodeum (Lü et al., 2025).

Actinobacterias: filo de bacterias Gram-positivas con un alto contenido de guanina y citosina en su ADN, conocidas por formar estructuras filamentosas similares a los hongos y por ser la principal fuente natural de antibióticos. En el tracto digestivo de *Tribolium sp.* no se limitan a un órgano especializado o estructura fija, sino que forma parte de la comunidad microbiana distribuida en el mesentero y proctodeum, ingeridas de manera continua desde su alimento (harina o grano almacenado) (Lü et al., 2025).

- Estadío:

Adulto: En biología, el imago o adulto es el último estadio del desarrollo de un insecto, después de su última ecdisis, después de emerger de la pupa (metamorfosis completa).
Larva: con anatomías internas y externas diferentes al adulto, pasan por el estadio de pupa antes de llegar a adultos. (Bennett et al., 2012).

- Tipos de polímeros: Un polímero es una macromolécula que se forma a través de la repetición de unidades pequeñas llamadas monómeros. Los polímeros sintéticos son creados en laboratorios y fábricas a partir de monómeros artificiales. Esto permite la personalización de sus propiedades. Ejemplos de estos polímeros incluyen:

Poliestireno: Usado en envases y productos desechables. EPS: poliestireno expandido, PS: poliestireno, XPS: poliestireno extruido

Polietileno: Común en bolsas plásticas y botellas. PE: polietileno, PUR: poliuretano, EVA: etileno acetato de vinilo. (Hassan et al., 2014).

- Tiempo de tratamiento (días): Tiempo de exposición del ejemplar al tratamiento, consumo del polímero por el insecto adulto, larva o bacteria del tracto intestinal presente en el estadio.

▪ Pérdida de masa (%): Porcentaje de pérdida de masa en el organismo analizado. Significa que, aunque el insecto tenga la capacidad de masticar y tragar el material, no obtiene la energía suficiente de él, lo que obliga a su cuerpo a consumir sus propias reservas de grasa para sobrevivir, provocando que adelgace (Rodríguez, 2021).

Operacionalización de variables

Se exponen las variables de la investigación que se obtuvieron del análisis de la bibliografía final del cribado por el método PRISMA (tabla 1).

Categorías de análisis:

- Especie: Se consideró la relación entre la biodegradación de plásticos con la especie de *Tribolium spp.*, familia Tenebrionidae y bacteria del tracto intestinal.
- Estadío: adulto, larva y estadío del coleóptero- presencia de bacteria del tracto intestinal.
- Tipos de polímeros: Polímeros utilizados en la bibliografía analizada. EPS: poliestireno expandido, PS: poliestireno, XPS: poliestireno extruido, PE: polietileno, PUR: poliuretano, EVA: etileno acetato de vinilo, NE: no especificado.
- Tiempo de tratamiento (días): Tiempo de exposición del ejemplar al tratamiento.
- Pérdida de masa (%): Porcentaje de pérdida de masa en el organismo analizado.

Tabla 1. Operacionalización de variables.

Variable	Subvariable	Indicadores	Instrumento de recolección
Especie	<i>Tribolium spp.</i> Familia Tenebrionidae. Bacteria en tracto intestinal del insecto.	Alternativa o no, sobre la biodegradación de polímeros plásticos.	Identificación en el artículo científico.
Estadío	Adulto Larva Estadío del insecto- presencia de bacteria del tracto intestinal.	Estadío del coleóptero sobre la biodegradación de polímeros plásticos. Nombre de la bacteria en el intestino del coleóptero.	Identificación en el artículo científico
Tipos de polímeros	EPS PS XPS PE PUR EVA NE	Polímeros utilizados en la bibliografía analizada	Identificación en el artículo científico
Tiempo de tratamiento	Días	Tiempo de exposición del ejemplar al tratamiento.	Identificación en el artículo científico
Pérdida de masa	Porcentaje	Porcentaje de pérdida de masa en el organismo analizado.	Identificación en el artículo científico

Fuente: elaboración Martínez V.S.E., 2026.

Validación de instrumentos

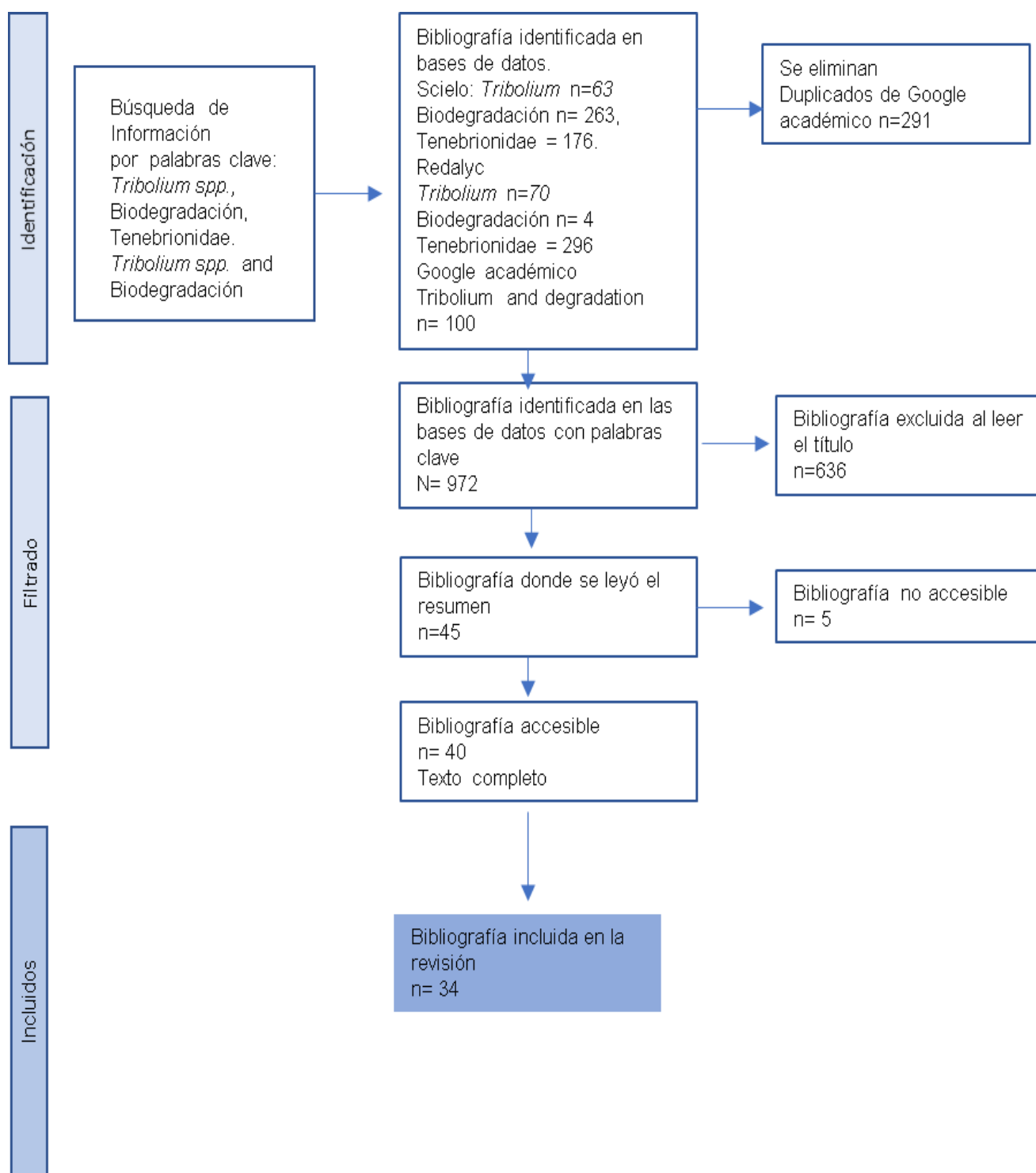
La bibliografía total proyectada por las bases de datos y libros consultados por palabras clave en el buscador fue de 972 ejemplares, seguido de un filtrado por el método de PRISMA (figura 1). Posteriormente se utilizó una tabla de Excel donde se clasificó la bibliografía por palabra clave, autor y año (tabla 2). A continuación, se revisó ejemplares de 1999 a 2025 donde se afirmaba el proceso de biodegradación de plásticos mediante el gorgojo de la harina *Tribolium spp.*, con el fin de determinar si representa una alternativa viable para la gestión de estos residuos (tabla 3).

Recolección y análisis de datos.

Materiales: Bases de datos: Redalyc, Scielo y Google académico

Procedimiento:

La selección de documentos se realizó mediante la metodología Prisma. La búsqueda bibliográfica se inició mediante el uso de palabras clave: biodegradación, Tenebrionidae y *Tribolium spp.* en las bases de datos, seguido de lectura del título y revisión de resumen. Los criterios de inclusión incluyeron investigaciones experimentales que informaran sobre la familia Tenebrionidae y *Tribolium spp.* que actúan como biodegradadores de plástico. El operador booleano fue AND. Se consultó un libro de Manejo Integrado de Plagas Urbanas y una Guía de Insectos, así como tesis en línea referente a temas de biodegradación y *Tribolium spp.* Las bases de datos proyectaron 972 ejemplares. El segundo cribado fue leer el título completo, seguido del resumen. En el tercer cribado se buscó la accesibilidad del artículo completo. Se analizó el texto completo de 40 ejemplares filtrados, que las bases de datos proyectaron. Se revisó ejemplares de 1999 a 2025, de los cuales se incluyeron en la revisión 34, se descartaron 6 ejemplares bibliográficos al no mostrar evidencia de datos sobre la familia Tenebrionidae y su colaboración en la biodegradación de plásticos (figura 1).

Figura 1. Diagrama de flujo de datos de exclusión e inclusión con enfoque PRISMA.

Fuente: elaboración Martínez V.S.E., 2026, en base a Biblioteca de Universidad de Navarra (2020).

Resultados y discusión

Resultados

Analizando las 34 referencias bibliográficas que se incluyeron en el artículo (Tabla 2), se tiene evidencia en 5 artículos científicos que *Tribolium* sp. es un biodegradador de polímeros plásticos, 2 artículos de *Acinetobacter* sp. *AnTc-1* en *T. castaneum* y 5 en la familia Tenebrionidae. Un total de 11 referencias bibliográficas, que definen a *Tribolium* sp y la familia Tenebrionidae como una alternativa para la biodegradación de plásticos (Tabla 3). Bryning, (2005) menciona que cuatro especies de esta familia, destacan por su capacidad para consumir polímeros plásticos: el escarabajo amarillo (*Tenebrio molitor* L.), el escarabajo negro (*Tenebrio obscurus* F.), el escarabajo castaño (*Tribolium castaneum* H.) y el escarabajo gigante (*Zophobas atratus* F.). El desarrollo de estos organismos se da en cuatro etapas o estadios: huevo, larva, pupa y adulto (tabla 3).

Tabla 2. Bibliografía incluida en esta revisión.

Número	Palabra clave	Autor	Año
1	<i>Tribolium</i> and biodegradation	Brynung	2005
2		Cardoso	2020
3		Cifuentes y Zaragoza	2014
4		Fabreag y Familara	2019
5		Grua et al.	2017
6		Hassan et al.	2014
7		Hassan et al.	2016
8		Houben et al.	2020
9		Peng et al.	2019
10		Rodríguez et al.	2021
11		Sinópolis et al.	2011
12		Abdulhay	2020
13		Terrence	1997
14		Wang et al.	2020
15		Xia et al.	2020
16		Xiang et al.	2023
17		Yang et al.	2020
18	<i>Tribolium</i>	Bentancoue y Sctoni	1999
19		Bennett	2012
20		Desharanis	1997
21		Lehane	1997
22		Menegaz	2010
23		Animal Diversity Web	2025

24		Santos	2024
25	Biodegradación	Normativas y regulaciones para polímeros biodegradables y compostables	2020
26		Castellon <i>et al.</i>	2016
27		Escudero	2011
28		EUPC	2009
29		Meneses <i>et al.</i>	2007
30		Rodríguez	2011
31		Ruiz <i>et al.</i>	2013
32		Stevens	2002
33		Vázquez-Rodríguez y Beltrán-Hernández	2004
34		Flores	2020

Fuente: elaboración Martínez V.S.E., 2026.

De acuerdo a la tabla 3, adultos y larvas de la familia Tenebrionidae incluyendo *Tribolium spp.*, son capaces de degradar el plástico PS (poliestireno), PE (polietileno), PUR (poliuretano), XPS (Poliestireno extruido) y EPS (Poliestireno expandido). El excremento generado por los insectos es enriquecedor para los suelos y el desarrollo de la vida vegetal. Según la FAO (2021) los insectos producen heces secas y eficientemente biodegradadas, son aptas para uso directo como abono sin compostaje previo. Cardozo (2020), cita: “el producto final resultante, excremento, de la biodegradación del poliestireno expandido utilizando gusanos de harina (*Tenebrio molitor*) se puede implementar como una gran alternativa para fertilizar los suelos de manera efectiva, sin contaminar los cultivos y ambiente ni alterar la composición química natural del suelo; mientras se contribuye con una solución a la contaminación por EPS (poliestireno expandido)”.

Hassan *et al.* (2014) menciona: “Los adultos del escarabajo *Tribolium castaneum* han mostrado la capacidad para producir daños estructurales en recipientes de PE”. Fabreag y Familara (2019) afirman que, en bloques de EPS, se pudo observar una pérdida significativa en la masa del material (21.07%) durante un periodo de incubación de 20 días (tabla 3).

Tabla 3. Degradación de plásticos por *Tribolium* spp. y especies de la familia Tenebrionidae.

No. de artículo	Especie	Estadio	Tipos de polímeros	Tiempo de tratamiento (días)	Pérdida de masa del organismo (%)	Fuente
1	<i>T. castaneum</i>	adulto	PE (PP y PVC no tenían perforaciones)	3 y 6 días	NE	Hassan <i>et. al</i> (2014)
2	<i>T. castaneum</i>	Adulto, larva	EPS	20	21.07	Fabreag y Familara, 2019
3	<i>T. castaneum</i>	larva	PS, EVA, PE	30	26, 45, 31	Abdulhay (2020)
4	<i>T. castaneum</i>	Adulto- larva	Embalaje plástico	NE	NE	Therence (1997)
5	Acinetobacter sp. AnTc-1 (<i>T. castaneum</i>)	Extraída del intestino de la larva	PS	60	12.14 +- 1.4	Wang <i>et.al.</i> , 2020
6	Acinetobacter sp. AnTc-1 (<i>T. castaneum</i>)	Tracto intestinal de larvas	XPS	NE	NE	Xian <i>et. al.</i> (2023)
7	<i>Tribolium confusum</i> ,	Larva	PS, PE, EVA	30	51.92%, 46.84% y 2.9% (Abdullay, 2020) 12.14 % 1.4 % 22 g de pérdida de PS	Xian <i>et. al.</i> (2023)
	<i>Tribolium casteum</i>	Larva	PS	60		
	<i>Tenebrio molitor</i> ,	Larva	PS, PE,	32		
	<i>Zophobas atratus</i> Fam. Tenebrionidae	Larva	PS	15		
8	<i>Tenebrio molitor</i> Fam. Tenebrionidae	larva	EPS	180	NE	Cardozo (2020)
9	<i>Tenebrio molitor</i> Fam. Tenebrionidae	larva	EPS	30	31	Yang <i>et.al.</i> (2015)
10	<i>Zophobas atratus</i> Fam. Tenebrionidae	larva	EPS	16	37.6	Xia <i>et.al.</i> (2020)
11	<i>Tenebrio obscurus</i> <i>Tenebrio molitor</i> Fam. Tenebrionidae	larvas	EPS	NE	40	Peng <i>et al.</i> (2019)

EPS: poliestireno expandido PS: poliestireno XPS: poliestireno extruido PE: polietileno PUR: poliuretano EVA: etileno acetato de vinilo, PP: Polipropileno, PVC: Policloruro de vinilo, NE: no especificado

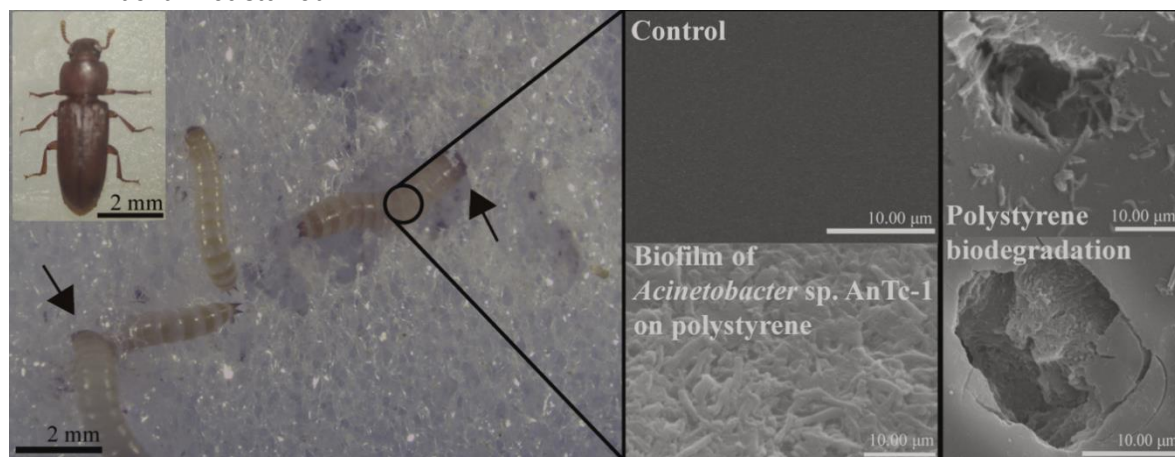
Fuente: elaboración de Martínez V.S.E. Resultados de bibliografía analizada en esta investigación (2026).

Abdulhay (2020) concluye en su experimento con larvas de *T. confusum*, que tienen la capacidad de degradar plásticos, lo que puede reducir la contaminación causada por diferentes tipos de desechos plásticos. La mayor tasa de supervivencia larval se encontró en la dieta de PS (70%), mientras que la menor fue con las larvas alimentadas con EVA (30%) después de 30 días. Se confirmó la disminución del peso de las larvas durante el estudio, lo que indica que los materiales plásticos no son una fuente eficiente de energía para las larvas, excepto para su supervivencia. La pérdida de masa fue del 26.2 %, 31.4 % y 45.8 % registrada para las larvas alimentadas con PS, PE y EVA, respectivamente (Tabla 3).

Therence (1997) cita a adultos de *Tribolium confusum* (Coleoptera: Tenebrionidae) como consumidores de envases a base de chocolate. La capacidad de degradación de los insectos se informó basándose en la observación, que destruyen y comen materiales de embalaje plástico (tabla 3).

Wang et al. (2020), en un estudio aislaron una bacteria: *Acinetobacter* sp. AnTc-1 del tracto intestinal de larvas de *T. castaneum*, capaces de masticar y digerir XPS. Lo anterior sugiere que este microorganismo tiene la capacidad para degradar PS (Figura 2) y posiblemente juega un papel importante en el metabolismo intestinal de *Tribolium castaneum* (tabla 3).

Figura 2. Biodegradación de poliestireno extruido por *Acinetobacter* sp. del intestino de la larva de *Tribolium castaneum*.



Fuente: Wang et al. (2020).

Sinópolis et al. (2011) menciona: “El escarabajo de la harina *Tribolium* spp. posee propiedades en el estómago, en la región de proctodeo denominada la membrana peritrófica donde sus funciones son: protegerlo contra daños mecánicos, funcionar como barrera frente a toxinas y sustancias perjudiciales para el insecto adulto. Lo que le permite al insecto adulto y larva comer, degradar en el estómago y expulsarlo en el ambiente a través de excremento, que este es enriquecedor de suelo, lo cual es propicio para el desarrollo vegetal. Houben et al. (2020) menciona: “el humus de *Tenebrio molitor* es un potente bio-fertilizante”.

Estudios realizados por Wang et al. (2020) con larvas del escarabajo rey *Zophobas atratus* [= *Z. morio* Fam. Tenebrionidae] observó que este insecto también posee una capacidad importante para metabolizar EPS en su tracto digestivo. Los autores reportaron

una tasa específica de degradación de EPS hasta 4 veces mayor a las reportadas anteriormente en *Tenebrio molitor*. Además, los análisis respirométricos exhibieron una mineralización del 37.6% del EPS después de 16 días de tratamiento, tiempo durante el cual las larvas pudieron subsistir con una dieta exclusiva de material plástico.

Discusiones

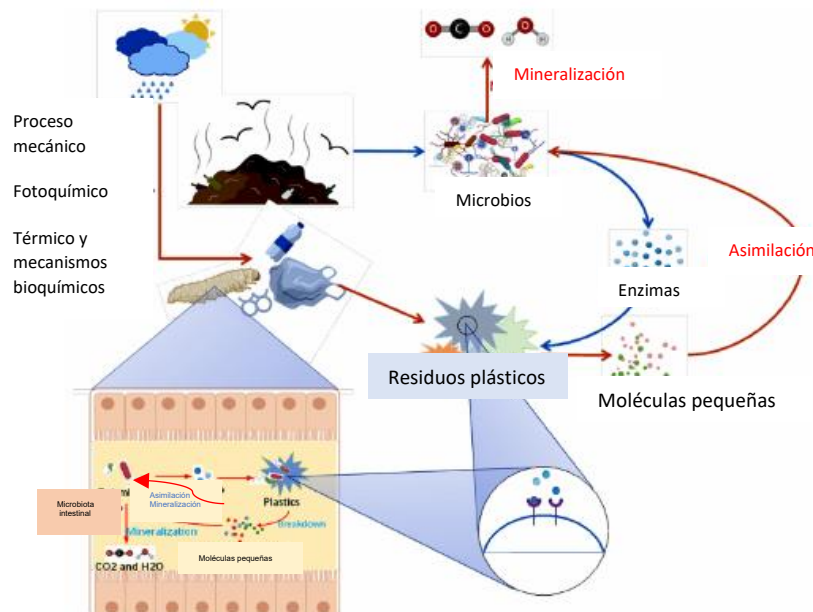
Se observa dos escenarios de *Tribolium spp.*, como plaga de la harina en la industria alimentaria (Bennett, 2012), una alternativa de biodegradación de plásticos en estado adulto y larva (Hassan et al., 2014; Fabreag y Familara, 2019; Abdulhay, 2020) y la generación de humus para suelo (FAO, 2021). El control químico de la plaga no es eficiente sin limpieza previa, lo que nos conduce al manejo de la harina o grano con plaga, que se tiene que desechar en grandes cantidades (Bennett, 2012). Estos residuos con plaga se aprovecharían en sitios específicos de basureros donde se encuentren grandes cantidades de plástico, disminuyendo su tiempo de degradación (Yang et al. (2015) Figura 3). De acuerdo a Peng et al. (2019): “La tasa de degradación de EPS tuvo un incremento importante en *Tenebrio obscurus* y *Tenebrio molitor* cuando su dieta fue enriquecida con harina de maíz y salvado de trigo, esto parece indicar que, a pesar de contar con un sustrato capaz de abastecer sus demandas energéticas, la voracidad de los organismos por el polímero plástico no decrece e incluso podría promoverse”. Esta acción sería viable y controlada, aprovechando la taxonomía y biología del insecto, su capacidad de vuelo nula y el canibalismo existente en la dinámica de población del escarabajo (Bennett et al., 2012) y Desharnais & Liu, 1987), es decir, habría una regulación de la población insectil en el sitio donde se ubicaría el desecho de harina o grano más la agregación de plástico.

De acuerdo a la revisión bibliográfica citada en la tabla 3, se tiene evidencia de que: *Tribolium spp.* (Familia Tenebrionidae), en estado adulto y larva es una alternativa para biodegradar los plásticos como: PE, EPS, EVA, PS, XPS y embalaje plástico. Y las especies pertenecientes a la familia Tenebrionidae: *Tenebrio molitor*, *Zophobas atratus* y *Tenebrio obscurus*, evidencian que el estadio larval degrada PS, PE y EPS. Además, estos coleópteros generan abono para la vida vegetal (Sinópolis et al., 2011; Houben et al., 2020; FAO, 2021; Cardozo, 2020).

La pérdida de masa en *Tribolium spp.*, indica que, aunque el insecto tenga la capacidad de masticar y tragar el material, no obtiene la energía suficiente de él, lo que obliga a su cuerpo a consumir sus propias reservas de grasa para sobrevivir, provocando que adelgace (Rodríguez et al., 2021). Fabreag y Familara, 2019 reportan una pérdida de masa en *Tribolium castaneum* de 21.07% degradando EPS y Abdulhay (2020) menciona el 26% degradando PS, 45% EVA y 31% PE. Xian et al. (2023) menciona en su revisión bibliográfica que la larva de *Tribolium confusum* degrada PS con un 51.92% de pérdida de masa en el organismo, PE con 46.84% y EVA con 2.9% (Abdullay, 2020). Lo que nos indica valorar su participación en procesos de biodegradación de estos polímeros plásticos. La bibliografía analizada nos indica que el estadio larval es el más estudiado en comparación con el estadio adulto.

La bacteria asociada al intestino de la larva de *T. castaneum* es *Acinetobacter sp.* AnTc-1 (Wang et al., 2020; Xian et al., 2023), y su biodegradación a XPS (poliestireno extruido).

Figura 3. Biodegradación de plásticos por insectos y microbios ambientales.



Fuente: Xian et al. (2023). Traducido al español por Martínez (2026).

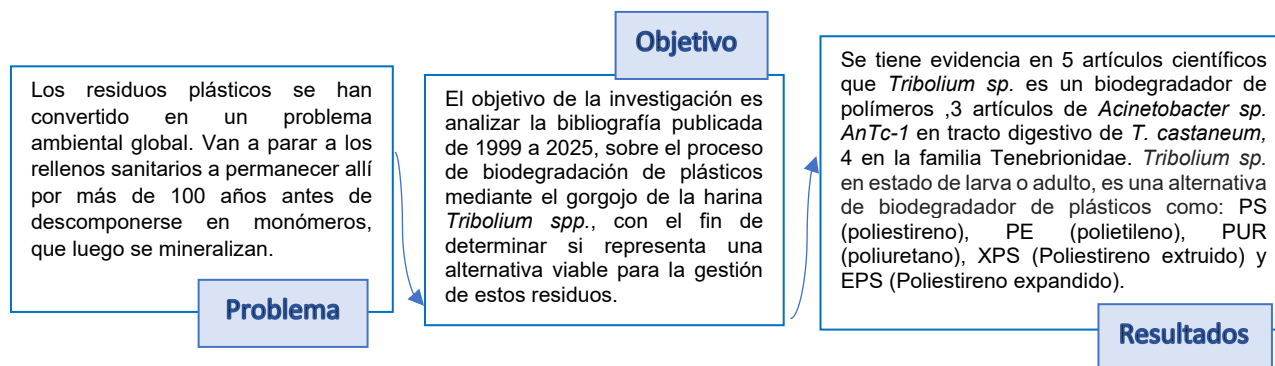
Conclusiones

Tribolium spp. es una plaga importante en la industria alimentaria, principalmente en silos de granos y harinas.

Tribolium spp. en estado de larva o adulto, es una alternativa de biodegradador de plásticos como: PS (poliestireno), PE (polietileno), PUR (poliuretano), XPS (Poliestireno extruido) EPS (Poliestireno expandido) y EVA (etileno acetato de vinilo).

La bacteria *Acinetobacter sp.* AnTc-1 del tracto intestinal de larvas de *T. castaneum* es el agente causal de la degradación de plásticos, de acuerdo a la bibliografía analizada.

Figura 4. Síntesis de la investigación.



Fuente: elaboración de Martínez V.S.E., (2026).

El estudio para los futuros investigadores sería experimentar: los residuos (harina y morusa de la industria alimentaria) con organismos de *Tribolium spp.* para la biodegradación de plásticos en los rellenos de basura. Aprovechando su capacidad de vuelo nula y el canibalismo existente en la dinámica de población del escarabajo. Y estudiar el excremento específico del género y su correlación con la vida vegetal.

Declaración de uso de IA

Microsoft. (2026). *Copilot* [Large language model]. Microsoft. <https://copilot.microsoft.com>

Descripción de uso de herramientas de IA

Para la revisión de la redacción del texto se utilizó la herramienta de inteligencia artificial Microsoft Copilot (Microsoft, 2026), la cual permitió identificar problemas de espaciado y formato en las referencias y el cuerpo del manuscrito, en método, resultados y discusiones y en conclusiones

Referencias

- Abdulhay, H. S. (2020) Biodegradation of plastic wastes by confused flour beetle *Tribolium confusum* Jacquelin du Val larvae. *Asian J. Agric. Biol*, 8(2),201-206.
<https://doi.org/10.35495/ajab.2019.11.515>
- Asociación Nacional de Industrias del Plástico, A.C. (2025). *Quinto informe del Acuerdo Nacional para la Nueva Economía del Plástico en México* (15 pp.). Asociación Nacional de Industrias del Plástico, A.C. <https://anipac.org.mx/wp-content/uploads/2025/06/5o-informe-Acuerdo-Nacional-Plasticos-2.pdf>
- Advanced Plastic Technologies. (28 de febrero, 2020). *Normativas y regulaciones para polímeros biodegradables y compostables*. <https://adapt.mx/normativas-y-regulaciones-para-polimeros-biodegradables-y-compostables/>
- Bentancourt, C. M. & Scatoni I. B. (1999). *Guía de Insectos y Ácaros de importancia agrícola y forestal en el Uruguay*. Universidad de la Republica de Uruguay, Facultad de Agronomía, Montevideo.
- Bennett, W.G., Owens, M.J., & Corrigan, M.R. (2012). *Guía científica de Truman. Para Operaciones de manejo de plagas* (7.ª ed.). Purdue University.
- Biblioteca de Universidad de Navarra. (2020, actualización 29 de Mayo 2026). *Revisiones sistemáticas: PRISMA 2020: guías oficiales para informar (redactar) una revisión sistemática*. https://biblioguias.unav.edu/revisionessistematicas/guias_oficiales
- Bryning, G. P., Chambers, J. & Wakefield, M. E. (2005). Identification of a sex pheromone from male yellow mealworm beetles, *Tenebrio molitor*. *Journal of Chemical Ecology*, 31(11), 2721-2730. <https://doi.org/10.1007/s10886-005-7622-x>
- Rojas, M. (2015). Tipos de Investigación científica: Una simplificación de la complicada incoherente nomenclatura y clasificación. *REDVET*, 16(1),1-14.
<https://www.redalyc.org/pdf/636/63638739004.pdf>
- Cardozo, M. L. (2020). *Biodegradación del poliestireno expandido por larvas de Tenebrio molitor L. (Coleóptera: Tenebrionidae), en condiciones de laboratorio* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Abierta y a Distancia- UNAD]. Repositorio Institucional UNAD.
<https://repository.unad.edu.co/jspui/bitstream/10596/34873/1/mlcardozos.pdf>
- Castellón, C. A., Tejeda, L. N., & Tejada, L. P. (2016). Evaluación de la degradación ambiental de bolsas plásticas biodegradables. *Informador Técnico*, 80(1), 24–31.
<https://doi.org/10.23850/22565035.317>
- Cifuentes-Ruiz, P. & Zaragoza-Caballero, S. (2014). Biodiversidad de Tenebrionidae (Insecta: Coleoptera) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* , 85, 325-331.<https://dx.doi.org/10.7550/rmb.31690>
- Desharnais, L.R. & Liu L. (1987). Stable Demographic Limit Cycles in Laboratory Populations of *Tribolium Castaneum*. *Journal of Animal Ecology*, 56(3), 885–906.
<https://doi.org/10.2307/4955>

- Escudero, C. L. (2011) *Determinación de la biodegradabilidad y toxicidad de materiales plásticos: aplicación de las normas UNE-EN-ISO 14852 y 11348-3* [Tesis de licenciatura, Universidad Politécnica de Cartagena]. Repositorio Digital UPCT. <https://repositorio.upct.es/server/api/core/bitstreams/8866a72a-cc08-4e3c-bd87-ef8fe4e7cad7/content>
- European Plastics Converters. (EUPC). (2009). Instituto Argentino del Envase (IAE). *Revista del Instituto Argentino del Envase*, 24(1), 60–67. <https://www.plasticsconverters.eu/>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2021). *Looking at edible insects from a food safety perspective. Challenges and opportunities for the sector*. FAO. <https://www.fao.org/3/cb4094en/cb4094en.pdf>. <https://doi.org/10.4060/cb4094en>
- Fabreag, M. A. C. & Familara, J. A. (2019). Biodegradation of expanded polystyrene (EPS) (Styrofoam) block as feedstock to *Tribolium castaneum* (Red Flour Beetle) imago: A promising plastic-degrading process. *World News of Natural Sciences*, 24, 145-156. file:///C:/Users/PC/Downloads/Biodegradation_of_expanded_polystyr.pdf
- Flores, P. (2020). La problemática del consumo de plásticos durante la pandemia de la covid-19. *South Sustainability*, 1(2), 1-9. <https://doi.org/10.21142/SS-0102-2020-016>
- Fritz, H. G., Seidenstucker, T., Bolz, U., & Juza, M. (1994). *Study on production on thermoplastics and fibers based mainly on biological materials*. European Commission.
- García, A.V. (2015). *Obtención de un polímero biodegradable a partir de almidón de maíz*. Escuela Especializada en Ingeniería Itca – Fepade. Dirección de Investigación y Proyección Social. Programa de investigación Aplicada. <http://hdl.handle.net/10972/2436>
- Geyer, R., Jambeck, J. R. & Law, K. L. (2017). Production, use and fate of all plastics ever made. *Science advances*, 3(7), 700-782. DOI: 10.1126/sciadv.1700782
- Grau, T., Vilcinskis, A. & Joop, G. (2017). Sustainable farming of the mealworm *Tenebrio molitor* for the production of food and feed. *Zeitschrift Fur Naturforschung - Section C Journal of Biosciences*, 72(9-10), 337-349. <https://doi.org/10.1515/znc-2017-0033>
- Hassan, M. W., Qasim, M. U., Iqbal, J. & Jamil, M. (2014). Study of penetration ability by *Tribolium castaneum* (Herbst.) (Coleoptera: Tenebrionidae) through different loose plastic. *Journal of Pure and Applied Sciences*, (1-2), 17-20, 24-33. ISSN: 0255-3643
- Hassan, M. W., Gulraize, U., Ali, U., Ur Rehman, F., Najeeb, H., Sohail, M., Irsa, B., Muzaffar, Z., & Chaudhry, M. S. (2016). Evaluation of standard loose plastic packaging for the management of *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae) and *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of Insect Science*, 16(1), 1-9. <https://doi.org/10.1093/jisesa/iew075>

- Houben, D., Daoulas, G., Faucon, M. P. & Dulaurent, A. M. (2020). Potential use of mealworm frass as a fertilizer: Impact on crop growth and soil properties. *Scientific Reports*, 10,1-9. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-61765-x>
- Lehane, M. J. (1997). Peritrophic matrix structure and function. *Annual Review of Entomology*, 42,525- 550. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.42.1.525>
- Lü, J., Xu, S., Teng, C., Huang, R., Xiong, G., & Cheng, Q. (2025).Comparative analysis of gut symbionts in *Tribolium castеum* (Coleoptera: Tenebrionidae) and their dietary substrate, sauce flavored Daqu. *Frontiers in Insect Science*, 5, 1-9. <https://doi.org/10.3389/finsc.2025.1614310>
- Menegaz, F.P. (2010). Infobibos. Bioecología de *Tribolium castеum*. http://www.infobibos.com/Artigos/2010_1/Tribolium/Index.htm
- Meneses, J., Corrales, C.M., & Valencia, M. (2007). Síntesis y caracterización de un polímero biodegradable a partir del almidón de yuca. *Revista EIA*, (8),57-67. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=s1794-12372007000200006&script=sci_arttext
- Organización Internacional de Normalización. (2021). ISO 17088.International Standard Plastics — Organic recycling — Specifications for compostable plastics. 22 pp.<https://cdn.standards.iteh.ai/samples/74994/f54fec0b30c5408bacfd38b5ce575209/ISO-17088-2021.pdf>
- Peng, B.Y., Su, Y., & Chen, Z. (2019). Biodegradación del poliestireno por gusanos de la harina oscuros (*Tenebrio obscurus*) y amarillos (*Tenebrio molitor*) (Coleoptera: Tenebrionidae). *Ciencia y tecnología ambientales*, 53(9), 5256-5265. <https://doi.org/10.1021/acs.est.8b06963>
- Animal Diversity Web (ADW). (2025). *Tribolium*. University of Michigan Museum of Zoology. Recuperado de <https://animaldiversity.org/accounts/Tribolium/classification/>
- Rodríguez C., A., Ortiz-Rivera, Y., Hernández-Peña, C.C., & Figueroa, C. (2021). Biodegradación de espumas plásticas por larvas de insectos: ¿una estrategia sustentable? *Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 24, 1-10. <https://tip.zaragoza.unam.mx/index.php/tip/article/view/311/332>
- Rodríguez, A. (2011). Biodegradabilidad de materiales bioplásticos. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 22(3),69-72 <https://revcitecal.iiia.edu.cu/revista/index.php/RCTA/es/article/view/565>
- Rojas Cairampoma, M. (2015). Tipos de investigación científica: Una simplificación de la complicada incoherente nomenclatura y clasificación. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, 16(1), 1–14. <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n010115.html>
- Ruiz, M., Pastor, K., & Acevedo, A. (2013). Biodegradabilidad de Artículos Desechables en un Sistema de Composta con Lombriz. *Información tecnológica*, 24(2),47-56. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642013000200007>

- Santos, M. P. (2024). *Tribolium castaneum* como modelo para estudo de obesidade: efeitos de dietas hipercalóricas no metabolismo e fisiologia do inseto [Tesis de maestría, Universidade do Estado do Rio de Janeiro]. Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações. <http://www.bdt.d.uerj.br/handle/1/23027>
- Stevens, E. S. (2002). *Green plastics: an introduction to the new science of biodegradable plastics*. Princeton University Press.
- Sinópolis, A. A., Cardoso, A., De Sousa, G. (2011). Caracterização anatômica do sistema digestório de *Tribolium castaneum* (Herbst., 1797) (Coleoptera: Tenebrionidae). En H. Conte (Ed.), *Encuentro Nacional de Productos Científicos VII EPCC*. https://www.academia.edu/161250883/CARACTERIZA%C3%87%C3%83O_ANAT%C3%94MICA_DO_SISTEMA_DIGEST%C3%93RIO_DE_Tribolium_castaneum_Herbst_1797_Coleoptera_Tenebrionidae_
- Therence, G.B. (1997). Penetration of polyvinyl chloride and polypropylene packaging films by *Ephestia cautella* (Lepidoptera: Pyralidae) and *Plodia interpunctella* (Lepidoptera: Pyralidae) larvae and *Tribolium confusum* (Coleoptera: Tenebrionidae) Adults. *Journal of Economic Entomology*, 90(4), 1028-1031. <https://doi.org/10.1093/jee/90.4.1028>
- Vázquez- Rodríguez, G.A., & Beltrán-Hernández, R.I. (2004) Pruebas normalizadas para la evaluación de la biodegradabilidad de sustancias químicas. Una revisión. *Interciencia*, 29(10): 568-573. https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442004001000005
- Wang, Z., Xin, X., Shi, X. & Zhang, Y. (2020). A polystyrenedegrading *Acinetobacter bacterium* isolated from the larvae of *Tribolium castaneum*. *Science of the Total Environment*, 726. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32315854/>
- Xian, G. Y., Ping, P.W., Yi, F.Y., Pan, P. J., Wei, G.L., & De-Sheng, P. (2023). Biodegradación plástica por microorganismos ambientales *in vitro* y microorganismos *intestinales in vivo* de insectos. *Front. Microbiol*, 15, 1-4. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1444678>
- Xia, M., Wang, J., Huo, Y. X., & Yang, Y. (2020). *Mixta tenebrionis* sp. Nov., isolated from the gut of the plastic-eating mealworm *Tenebrio molitor* L. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 70(2), 790-796. <https://doi.org/10.1099/ijsem.0.003826>
- Yang, Y., Yang, J., Wu, W. M., Zhao, J., Song, Y., Gao, L., Yang, R. & Jiang, L. (2015). Biodegradation and mineralization of polystyrene by plastic-eating mealworms: part 1. chemical and physical characterization and isotopic tests. *Environmental Science and Technology*, 49(20), 12080-12086. <https://doi.org/10.1021/acs.est.5b02661>

Certificado de evaluación por pares

La Editorial UTP, con Registro Nacional de Instituciones y Empresas Científicas y Tecnológicas, por la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) en México; **indexada en catálogos de calidad internacional**. Que, teniendo como **base fundamental el desarrollo del potencial humano**, es líder en el desarrollo y divulgación de producción científica, tecnológica y educativa con altos estándares de calidad en contextos locales, nacionales e internacionales, a través de publicaciones de artículos en revistas, libros, capítulos de libros, recursos educativos, conferencias y congresos.

CERTIFICA

Que el artículo titulado **“Análisis de referencia bibliográfica del Gorgojo de la harina *Tribolium* spp. como biodegradador de plástico”** presentado por los autores **Sandra Edith Martínez Villarreal y José Alfredo Castellanos Suárez** ha sido sometido a un exhaustivo proceso de arbitraje por pares académicos, a través de criterios establecidos para investigaciones de alta calidad, siendo dictaminado como producto de investigación científica, tecnológica y/o educativa de alta calidad. Por lo que es

ACEPTADO PARA SU PUBLICACIÓN

El artículo estará disponible con acceso abierto en la revista digital MICA de la Universidad Tecnocientífica del Pacífico.

Se extiende la presente a los 07 días del mes de octubre de 2026.

Transformando con Ciencias
Tepic, Nayarit; México



Dra. Ana Luisa Estrada Esquivel
Directora de la Editorial UTP
Universidad Tecnocientífica del Pacífico



César Alejandro González Guzmán
Coordinador de la Editorial UTP
Universidad Tecnocientífica del Pacífico