

**UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
FACULTAD DE AGRONOMÍA**



**CONTROL BIOLÓGICO DE PLAGAS ASOCIADAS A GRANOS
ALMACENADOS**

POR

JOHANA FRANCISCA LASTRA URRÁ

**MEMORIA PRESENTADA A LA
FACULTAD DE AGRONOMÍA DE LA
UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERA AGRÓNOMA.**

**CHILLÁN – CHILE
2024**

**UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**CONTROL BIOLÓGICO DE PLAGAS ASOCIADAS A GRANOS
ALMACENADOS**

POR

JOHANA FRANCISCA LASTRA URRÁ

**MEMORIA PRESENTADA A LA
FACULTAD DE AGRONOMÍA DE LA
UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERA AGRÓNOMA.**

**CHILLÁN – CHILE
2024**

Aprobada por:

Profesor Asociado, Gonzalo Silva A.

Ing. Agrónomo, Mg. Cs., Dr. Cs.

Guía

Profesor Asociado, Macarena Gerding G.

Ing. Agrónomo, Ph. D.

Asesor

Profesor Asociado, Inés Figueroa C.

Ing. Agrónomo, Mg. Dr.

Asesor

Profesor Asociado, Guillermo Wells M.

Ing. Agrónomo, Mg. Cs.

Decano

TABLA DE CONTENIDOS

	Página
Resumen.....	1
Summary.....	1
Introducción.....	2
Desarrollo y Discusión.....	4
Capítulo 1. Almacenamiento de cereales y principales plagas asociadas.....	4
Capítulo 2. Control biológico y principales controladores biológicos utilizados en plagas asociadas a granos almacenados.....	12
Capítulo 3. Ventajas y desventajas del control biológico de plagas asociadas a granos almacenados.....	18
Conclusiones.....	20
Referencias.....	21

ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

	Página
Figura 1 Diagrama de efecto de temperatura y humedad en almacenamiento de cereales.....	5
Tabla 1 Plagas de granos almacenados en Chile.....	6

CONTROL BIOLÓGICO DE PLAGAS ASOCIADAS A GRANOS ALMACENADOS

BIOLOGICAL CONTROL OF STORED GRAIN PESTS

Palabras índice adicionales: insectos, conservación, biocontroladores.

RESUMEN

El almacenamiento adecuado permite garantizar la disponibilidad de granos en periodos donde no hay producción. Los cereales son principalmente susceptibles a plagas de insectos, las que aumentan con condiciones óptimas de temperatura y humedad, afectando entre 10 a 40 % de la producción anual. En Chile los órdenes de plagas más importantes son Coleóptera y Lepidoptera, destacando *Acanthoscelides obtectus*, *Bruchus pisorum*, *Sitophilus granarius*, *Plodia interpunctella* y *Ephestia kuehniell* como las especies con mayor impacto. A partir de esto, es necesario tomar medidas de control que no solo se enfoquen en el control de la plaga, sino que sean respetuosas con el ambiente e inocuas para los operadores y consumidores. El uso de controladores biológicos como depredadores, parasitoides o entomopatógenos es una técnica efectiva debido a la relación denso dependiente plaga / controlador. Además, proporciona ventajas como ausencia de residuos nocivos y mayor precio de mercado. Sin embargo, requieren de una planificación/controles más rigurosos, alta especificidad, mayor frecuencia de liberaciones y acción lenta. Se concluye que el control biológico es efectivo como método de control, pero para que sea sostenible en el tiempo se debe optar por un manejo integrado de plagas (IPM).

SUMMARY

Adequate storage allows grain availability in periods when is no production. Cereals are mainly susceptible to insect pests, which increase with optimal temperature and humidity conditions, affecting between 10 to 40 % of annual production. In Chile, the most important insect pest orders are Coleoptera and Lepidoptera, highlighting *Acanthoscelides obtectus*, *Bruchus pisorum*, *Sitophilus granarius*, *Plodia interpunctella* and *Ephestia kuehniell* as key. In consequence it is necessary take

control measures that not only focus on pest eradication but are environmentally friendly and harmless for operators and consumers. The use of biological controllers as predators, parasitoids or entomopathogens is an effective technique due to the density-dependent pest / controller relationship. In addition, it provides advantages absence of harmful residues and a higher price. However, it requires more rigorous planning/controls, high specificity, higher frequency of releases, and slow performance. We concluded that biological control is effective as a control method, but, for to be sustainable over time, an integrated pest management, (MIP) program must be chosen.

INTRODUCCIÓN

Los cereales presentan valor económico, alimenticio e industrial, siendo los cultivos con mayor producción en el mundo. Por lo anterior, requieren de cuidados especiales para permanecer en óptimas condiciones y calidad hasta el momento en que serán utilizados (FAO, 2002).

Los cereales se almacenan por diferentes motivos, como es garantizar cantidad, disponibilidad y optar a mejores precios, entre muchos otros. El proceso de almacenamiento consiste en disponer de un lugar previamente organizado para la producción, donde se debe proporcionar a los cereales las condiciones óptimas para que no se vean afectados por agentes dañinos como plagas y enfermedades, o no sufrir alteraciones por factores ambientales, con el objetivo de prevenir posibles mermas en su peso, calidad y en casos extremos la pérdida total (Ramírez, 1982).

En Chile en la temporada 2021 / 2022 la superficie cultivada de cereales fue de 424,5 mil ha, la cual se divide mayoritariamente en trigo con un 44 %, 29 % de avena, 13 % de maíz y 5 % de arroz, cuyo destino es, principalmente, la alimentación humana y/o animal. En el caso de las legumbres, en la misma temporada se produjeron 55.424 toneladas, de las cuales un 66,8 % corresponden a lupino, 31 % a frejol, 1,0 % a lentejas y 0,6 % a garbanzos, rondando una superficie de 40 mil ha que ha permanecido a la baja desde inicios de siglo, y con una menor cifra histórica en 2020 con 22,5 mil ha, motivo por el cual el consumo de legumbres en Chile depende principalmente de importaciones (ODEPA, 2022).

La inocuidad de los alimentos es uno de los aspectos con mayor relevancia a

nivel mundial; ya que implica asegurar al consumidor que el alimento no provocará daño a su salud; por tanto, en el caso de los cereales es necesario que las condiciones de almacenaje sean las adecuadas. Existen diversos factores químicos, físicos o biológicos que pueden ser perjudiciales en el almacenaje de los granos (Lugo y Marino, 2017).

En el almacenamiento de cereales se pueden presentar diversas situaciones en las cuales se ve alterada la calidad de los mismos y que están dadas principalmente por la acción de agentes abióticos (humedad y temperatura) y bióticos (insectos, hongos, roedores, aves y humanos), aunque los insectos son los que producen mayores pérdidas dependiendo de la zona geográfica, época del año y periodo de almacenamiento (Ferraris, 2021). En términos generales una plaga se define cuando el tamaño de una población de insectos o el daño que esta causa (o ambas) supera el umbral de daño económico (García-Lara *et al.*, 2007).

Debido a las complicaciones del control de plagas asociadas a granos almacenados, se ha utilizado de modo generalizado compuestos sintéticos como fosforo de aluminio y bromuro de metilo, produciendo controles poco efectivos (García *et al.*, 2007). El uso de plaguicidas, además de tener un alto costo, es un agente contaminante para el ambiente, junto con que altera el equilibrio biológico de las especies por la reducción de organismos benéficos y silvestres. Los plaguicidas si no son manipulados adecuadamente pueden producir intoxicaciones o daños a las personas que los emplean y consumen los productos tratados. Además, un uso excesivo puede provocar el desarrollo de resistencia por parte de las plagas (Gutiérrez *et al.*, 2013).

El control biológico en plagas asociadas a granos almacenados es una alternativa al control químico que se ha utilizado por mucho tiempo, especialmente en países en vías de desarrollo, pero como todas las técnicas de control presenta ventajas y desventajas. Fundamentalmente se han utilizado depredadores, parasitoides, hongos, virus y nematodos entomopatógenos entre otros organismos vivos y compuestos inertes como tierra de diatomeas, ceniza volcánica o carbonato de calcio entre otros. Por todo lo anterior el objetivo del presente trabajo fue realizar una revisión de literatura sobre el uso de controladores biológicos de insectos plaga

asociados a granos almacenados.

DESARROLLO Y DISCUSIÓN

Capítulo 1. Almacenamiento de cereales y principales plagas de insectos asociadas.

¿Por qué se almacenan los cereales?

De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) se entiende por almacenamiento la fase del sistema de operaciones de postcosecha durante la cual los productos se conservan de manera apropiada para garantizar la seguridad alimentaria de las poblaciones fuera de los períodos de producción agrícola (FAO, 1993). Según Abadía y Bartosik (2013), el objetivo del almacenamiento de los granos debe ser preservarlos por períodos más o menos prolongados de tiempo teniendo en cuenta dos aspectos: evitar el deterioro de calidad del grano, como el porcentaje de proteínas, almidón, aceite, calidad panadera, cantidad de granos dañados y valor nutritivo, entre otros; asimismo, garantizar la inocuidad de los granos, lo que implica que alimento no puede representar un riesgo para la salud del consumidor, al ser consumido según el uso indicado.

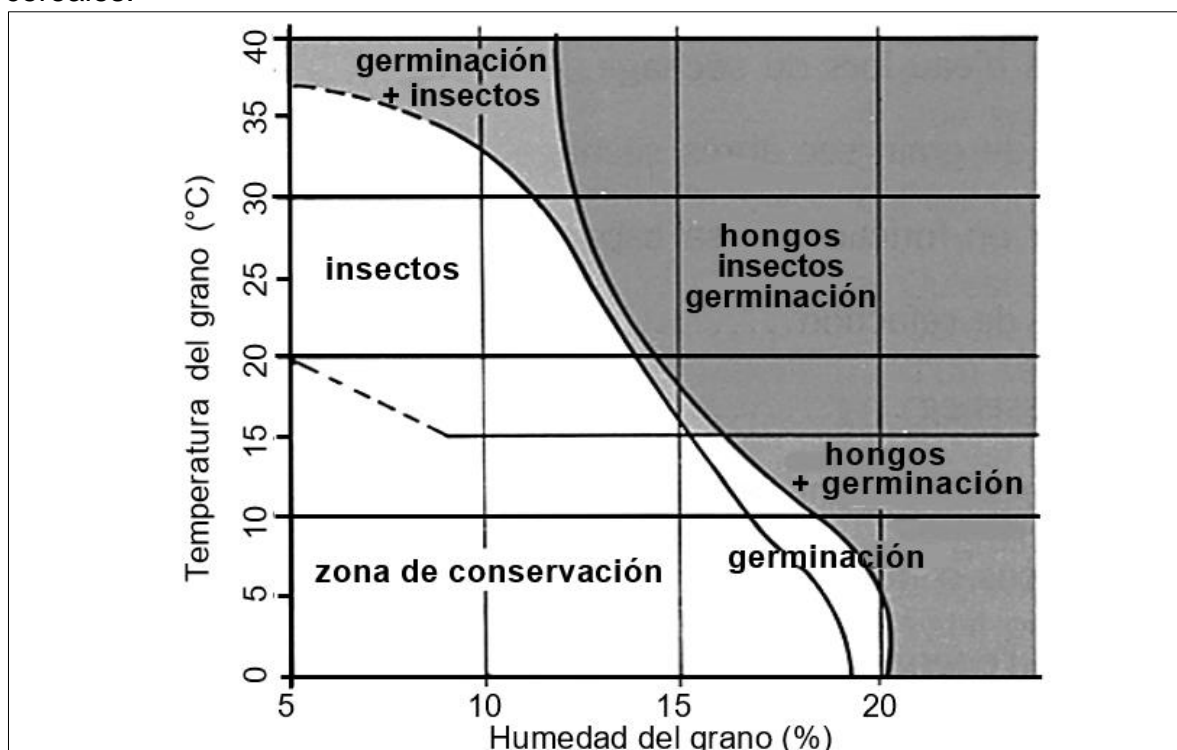
Importancia de los factores ambientales en el almacenamiento de granos

Durante el almacenamiento, se producen importantes pérdidas cualitativas y cuantitativas, atribuidas a diversos factores, principalmente ambientales, tales como la temperatura y la humedad (Pekmez, 2016).

La temperatura y humedad son elementos que influyen de manera determinante en la aceleración o retraso de los fenómenos de transformación bioquímica, especialmente la respiración de las semillas, que se presentan en el origen de la degradación de los granos (FAO, 1991). Además, la temperatura y la humedad contribuyen al ritmo de desarrollo de los insectos y de los microorganismos que pueden afectar a los granos mientras se almacenan. Entre estos se pueden mencionar el moho, las levaduras y las bacterias. Los cuales pueden influir en la germinación precoz de los granos (Bartosik, 2013). Burges y Burrel (1964) establecen que existe una relación entre temperatura y humedad para determinar la zona de influencia de ciertos fenómenos importantes de degradación, tales como

el desarrollo de insectos y el moho y germinación de los cereales. De este modo y como se infiere de la Figura 1, cuanto más elevada es la temperatura, menor debe ser el contenido de humedad existente para la conservación de los cereales. Dada su influencia en la tasa de desarrollo de los procesos de degradación, la temperatura y el porcentaje de humedad de los granos condicionan la duración máxima del almacenamiento de estos (FAO, 1993).

Figura 1. Diagrama de efecto de temperatura y humedad en almacenamiento de cereales.



Fuente: Bures y Burrell, (1964).

Los microorganismos e insectos son seres vivos que necesitan oxígeno para vivir; en consecuencia, el almacenamiento de los granos en medios con bajos niveles de oxígeno provoca la muerte de los insectos, la detención del desarrollo de microorganismos y el bloqueo, total o parcial, de los fenómenos bioquímicos de degradación de los cereales. Con esto se favorece la conservación de los granos, aunque al mismo tiempo se puede perjudicar su germinación (FAO, 1993).

Daños provocados por las plagas asociadas a cereales almacenados. Las principales plagas que afectan a los cereales almacenados corresponden a

microorganismos, roedores e insectos (FAO, 1993). A causa de las condiciones ambientales no controladas y una tecnología de almacenamiento deficiente, la infestación de granos almacenados es un problema muy serio, ya que las diversas etapas del ciclo de los insectos tienen el potencial de causar daños económicos que deterioran la calidad de los granos y productos alimenticios. Se han identificado más de 70 plagas de insectos que atacan los granos y productos derivados de cereales almacenados y se estima que el daño causado en todo el mundo fluctúa anualmente entre 10 a 40 % (Upadhyay y Ahmad, 2011), por lo que existe una necesidad urgente de suprimir la población de plagas de insectos de granos/productos almacenados para mantener la calidad (Deb, 2019).

Plagas de granos almacenados. Las plagas de insectos que atacan granos almacenados se distinguen por su tipo de infestación, que puede ser primaria o secundaria. La infestación primaria corresponde a plagas que dañan semillas enteras y que al completar su ciclo dejan el grano dañado, junto con que el aumento de la población agota sus fuentes alimenticias produciendo su muerte. Estas plagas son las más importantes en el almacenaje de granos y es frecuente que su infestación sea provocada desde antes que estos sean almacenados. Por otra parte, se encuentra la infestación secundaria donde las plagas atacan granos partidos, quebrados o con daños, productos y subproductos de molienda, facilitando su multiplicación (Chicare, 2018). Las principales plagas asociadas a granos almacenados en Chile se indican en la Tabla 1.

Tabla 1. Plagas de granos almacenados en Chile.

Orden	Familia	Nombre científico	Nombre vulgar
Coleoptera	Curculionidae	<i>Sitophilus granarios</i> (L.)	Gorgojo del trigo
Coleoptera	Curculionidae	<i>Sitophilus oryzae</i> (L.)	Gorgojo del arroz
Coleoptera	Curculionidae	<i>Sitophilus zeamais</i>	Gorgojo del maíz
Coleoptera	Bostrichidae	<i>Rhizopertha dominica</i> (F.)	Barredor de los granos
Coleoptera	Bruchidae	<i>Acanthoscelides obtectus</i> (Say)	Gorgojo o bruco del frejol

Continuación Tabla 1. Plagas de granos almacenados.

Orden	Familia	Nombre científico	Nombre vulgar
Coleoptera	Bruchidae	<i>Bruchus pisorum</i> (L.)	Bruco de la arveja
Coleoptera	Tenebrionidae	<i>Tribolium confusum</i> (Jacquelin du Val)	Gorgojo confuso de la harina
Coleoptera	Tenebrionidae	<i>Tribolium castaneum</i> (Herbst.)	Gorgojo castaño de la harina
Coleoptera	Trogositidae	<i>Tenebroides mauritanicus</i> (L.)	Gorgojo cadelle
Coleoptera	Tenebrionidae	<i>Gnathocerus cornutus</i> (Fabricius)	Gorgojo de la harina
Coleoptera	Tenebrionidae	<i>Alphitobias diaperinus</i> (Panzer)	Gorgojo negro de los hongos
Coleoptera	Tenebrionidae	<i>Palorus subdepressus</i> (Wollaston)	
Coleoptera	Tenebrionidae	<i>Latheticus oryzae</i> Waterhouse	Gorgojo cabeza larga
Coleoptera	Cucujidae	<i>Oryzaephilus surinamensis</i> (L.)	Gorgojo diente de sierra
Coleoptera	Cucujidae	<i>Cryptolestes</i> spp.	Gorgojo plano de los granos
Coleoptera	Cucujidae	<i>Ahasverus advena</i> (Walti)	Gorgojo forastero de los granos
Coleoptera	Anobiidae	<i>Lasioderma serricorne</i> (Fab.)	Gorgojo del tabaco
Coleoptera	Anobiidae	<i>Stegobium paniceum</i> (L.)	Gorgojo del pan
Coleoptera	Mycetophagidae	<i>Typhaea stercorea</i> (L.)	Gorgojo peludo
Coleoptera	Ptinidae	<i>Ptinus</i> spp.	Gorgojo araña
Lepidoptera	Gelechiidae	<i>Sitotroga cerealella</i> (Olivier)	Polilla de los cereales
Lepidoptera	Pyralidae	<i>Ephestia kuehniella</i> (Zeller)	Polilla de la harina
Lepidoptera	Pyralidae	<i>Plodia interpunctella</i> (Hubner)	Polilla india de la harina
Psocoptera	Liposcelidae	<i>Liposcelis</i> spp.	Piojo de la paja

Fuente: Arias, 1983.

Los órdenes coleóptera y lepidoptera son los con mayor importancia en plagas para granos almacenados en Chile y las especies que causan las mayores pérdidas en el país se describen a continuación.

Acanthoscelides obtectus (Say) “Bruco del frejol” (Coleoptera: Bruchidae) es un insecto cuyos principales hospedantes son arveja, poroto, garbanzo, haba y lenteja. Los huevos son blancos, muy difíciles de detectar, tienen un desarrollo lento (entre 1 a 1,5 meses) y son colocados entremedio de los granos secos. La larva presenta un cuerpo blanco con la cabeza inicialmente amarilla que luego se torna café, tienen cerdas y tres pares de patas verdaderas, y pasan por varias mudas mientras se alimentan de las semillas, lo que les toma entre tres a cuatro semanas (Arias, 1983). La pupación ocurre al interior de la semilla, siendo la duración de este estado muy variable. El adulto es un pequeño escarabajo entre 2 a 5 mm, con colores que van desde café claro a café oscuro, con élitros con manchas longitudinales más oscuras que rematan en un borde posterior anaranjado. Sus alas y antenas tienden a ser rojizas. Puede atacar los granos cuando estos aún están en la planta, o bien, en los lugares donde se les almacena, dificultando su control (Devotto, 2017).

Bruchus pisorum (L.) “Bruco de la arveja” (Coleoptera: Bruchidae) corresponde a un insecto que en estado adulto mide 3,5 a 5 mm de largo y de color negro a excepción de la parte inferior de las antenas; posee un cuerpo robusto y ovalado. Su cabeza es asimétrica en relación con su cuerpo, siendo ésta más pequeña. Atacan exclusivamente arvejas, reproduciéndose en ellas. Su forma de ataque comienza cuando las hembras ovipositan en las flores polinizadas o en granos recién formados. Las larvas permanecen en el interior de los cereales desarrollándose y alimentándose para posteriormente emerger cuando las semillas están almacenadas. Cuando se encuentran en estado adulto pasan el invierno en el campo, donde comenzarán a ovipositar a medida que encuentren flores con polen que les brinden alimento (Arias, 1983).

Sitophilus granarius (L.) “Gorgojo del trigo” (Coleoptera: Curculionidae) es una plaga que a menudo es un destructor de granos oculto y aunque los escarabajos se pueden detectar fácilmente durante el tamizado, la identificación de huevos, larvas y pupas es compleja requiriéndose pruebas de laboratorio. La alimentación

del gorgojo en los granos reduce significativamente la capacidad de germinación de 93 % a 7 % y su presencia y desarrollo provocan un aumento de la humedad y temperatura de la masa almacenada. Estas condiciones favorecen la proliferación de hongos, como resultado de lo cual aparece el moho del grano, lo que a su vez provoca una drástica disminución de la calidad de las semillas y, en consecuencia, de su valor (Boniecki *et al.*, 2020). Los huevos son de forma más o menos elíptica, de 0,6 a 0,8 mm aproximadamente, de color blanco opaco, que eclosionan entre los cuatro y 15 días según la temperatura y humedad del ambiente. La larva alcanza los 2,5 - 2,7 mm de largo, de color blanco perla, cuerpo muy grueso, cabeza color café claro, con los márgenes anteriores de la mandíbula más oscuras. Tienen tres estadios larvales e inmediatamente después de emerger comienzan a alimentarse y perforar galerías a través de la cubierta del grano. Las hembras excavan los granos y depositan los huevos en la parte media, luego descargan un material gelatinoso que lo nivela hasta llegar a la superficie. El ciclo completo dura aproximadamente 35 días. El adulto alcanza la madurez sexual entre los 15 y 20 días después de abandonar el pupario, mide menos de 5,0 mm de largo y es de color café oscuro con pequeñas cavidades en formas ovales en el tórax. La proboscis es al menos cinco veces más larga que ancha, ojos más anchos que largos, élitros a menudo fusionados y alas no funcionales (Olivar, 2017).

Sitophilus oryzae (L.) “Gorgojo del arroz” (Coleoptera: Curculionidae) es una plaga que ha cobrado relevancia debido a su posibilidad de volar, lo que le permite mantener las fuentes de reinfestación en los lugares de almacenamiento, junto con presentar gran capacidad destructiva. Es considerada la principal plaga de insectos asociada a cereales almacenados. Este gorgojo afecta arroz, trigo y maíz, aunque presenta una marcada preferencia por el trigo. Las larvas y las pupas viven al interior del grano. El adulto se caracteriza por presentar el protórax densamente cubierto de depresiones circulares y un par de manchas más claras en cada élitro y viven de seis a ocho meses. Los adultos miden de 2,0 a 3,5 mm de longitud y el color varía de café a negro. Aparato bucal masticador en el extremo de la proboscide, buenos voladores y pueden infestar el grano en el campo. El rostro del macho es más corto y rugoso, mientras que, el de la hembra es ligeramente más

largo, delgado y con menos rugosidades. El insecto adulto permanece dentro del grano durante tres a cuatro días hasta que se endurece y madura. En verano su ciclo de vida puede ser de solo 32 días (Pérez *et al.*, 2018).

Sitophilus zeamais “Gorgojo del maíz” (Coleoptera: Curculionidae) corresponde a una plaga cuyo estado adulto mide entre 3,3 y 5 mm de largo; es de color pardo negruzco o rojizo; su cabeza se proyecta en forma de pico y su tórax es alargado y cónico, con manchas ovales en el dorso. Puede vivir hasta 37 días a 0 °C. Se diferencia de *S. granarius* por la presencia de alas debajo de los élitros. Los mayores daños al grano los ocasionan las larvas y los adultos. La hembra perfora el grano para ovipositar y completar su ciclo de vida dentro del grano. Su ciclo de vida depende de la temperatura, pero varía entre 30 y 113 días. En zonas templadas hay de dos a tres generaciones por año (García *et al.*, 2007).

Sitotroga cerealella (Olivier) “Polilla de los cereales” es una polilla pequeña de color amarillo a grisáceo, que mide de 6 a 9 mm de longitud y cuya expansión alar es de 13 - 19 mm. Sus alas anteriores son de color amarillento con pequeños puntos irregulares; las alas posteriores son más cortas y de color uniforme. Ambos pares de alas tienen flecos de pelo en el margen distal. Las polillas tienden a poner huevos parecidos a escamas en grupos, que cambian de blanco a rojo al acercarse la emergencia de la larva. La hembra pone un promedio de 150 huevos y las neonatas son diminutas y blancuzcas. Las larvas horadan los granos y completan su desarrollo en el interior, hasta la emergencia del adulto (García *et al.*, 2007).

Plodia interpunctella (Hübner) “Polilla de la harina” (Lepidoptera: Pyralidae) es un lepidóptero cosmopolita que ataca toda clase de granos, frutas secas, harinas, semillas, pequeños artrópodos muertos y colecciones entomológicas, entre otros. Los huevos son transparentes al momento de la oviposición y posteriormente se vuelven blancos al pasar las horas. Son ovales y miden entre 0,33 - 0,48 mm de largo y 0,27 - 0,30 mm de ancho. Una sola hembra puede depositar hasta 400 huevos individualmente o agrupados, dependiendo de la temperatura y humedad, depositándolos generalmente sobre el sustrato del que se alimentarán las larvas. El desarrollo larval transcurre por cinco instares que se diferencian por su color y tamaño. Presentan una cabeza diferenciada, tres pares de patas verdaderas y cinco

pares de patas falsas. Las larvas del último estadio son muy activas, por lo que salen del interior del grano para desplazarse a otro e incluso ascienden por las paredes del contenedor. La pupa es de color marrón y de 1 cm de longitud aproximadamente. Los adultos de esta polilla tienen una longitud de 15 - 20 mm de envergadura alar. Las alas superiores en su parte basal son de color grisáceo claro, el resto del ala; es decir, las dos terceras partes restantes, son de color pardo oscuro, lo mismo que la cabeza y el tórax. Las alas inferiores son de color gris claro y cuando el insecto está en reposo, pliega las alas a lo largo del cuerpo, quedando las antenas dispuestas hacia atrás, apoyadas a lo largo del cuerpo (Vitta y Aguilar, 2019). Las larvas se introducen en el interior del grano donde efectúan galerías. Los mayores daños se producen en harinas, arroz y frutas secas, que son contaminadas por la presencia de exuvios y restos de seda provocando la depreciación comercial del producto.

Ephestia kuehniella (Zeller) "Polilla mediterránea de la harina" (Lepidoptera: Pyralidae). es un insecto que, al igual que la polilla de la harina, es una especie cosmopolita de regiones templadas, que está presente en todo el mundo. El adulto presenta el primer par de alas de coloración pardo - grisácea con pequeñas bandas transversales oscuras. La larva de último estadio mide aproximadamente 12 mm de longitud y presenta pequeños puntos negros a lo largo del cuerpo. Ataca almacenes de cereales y productos derivados. Prefiere la harina de trigo, aunque también se alimenta de granos de otros cereales y sus productos elaborados como nueces, cacao, galletas, almendras, harina de soya y frutas secas. Plaga primaria de la harina y productos procesados de cereales, oleaginosas y leguminosas y secundaria de granos enteros. Las larvas tejen seda que puede llegar a obstruir la maquinaria de las fábricas y servir de refugio a otros insectos plaga (INIA, 2019). Su cabeza es pequeña y globosa, sus alas anteriores son de color gris y las posteriores son anchas y de color blanqueado. Las hembras tienen la capacidad de depositar hasta 300 huevos los que luego se convertirán en larvas que se caracterizan al tener tres pares de patas verdaderas y cuatro pares de patas falsas en los segmentos abdominales. Estas son de un color blanquecino y llegan a medir 12 mm de longitud. En el lugar donde se alimenta deja una cubierta sedosa donde

quedan adheridos los restos de alimento y deyecciones. En Chile está presente en la mayoría de los molinos considerándose una plaga primaria para la harina (Arias, 1983).

Capítulo 2. Control biológico y Principales controladores biológicos utilizados en plagas asociadas a cereales almacenados

El control biológico es una estrategia de control que consiste en el uso de agentes vivos como enemigos naturales de las plagas. Estos pueden ser depredadores, parasitoides o entomopatógenos y el control se obtiene debido a la relación denso dependiente que se establece entre la plaga y el agente benéfico, donde este último actúa como controlador, obteniendo como resultado un equilibrio del ecosistema. Las ventajas de este tipo de control son variadas, pero se destacan el no ser nocivos, no provocar daño en la salud humana ni animal y, no ser contaminantes. En otros términos, es un modo sostenible de controlar plagas con el uso y manejo de enemigos naturales, los cuales no alteran el equilibrio biológico de las especies presentes en distintas zonas geográficas (Gutiérrez *et al.*, 2013).

El control biológico se divide en tres tipos: conservativo, clásico y aumentativo. El control biológico conservativo o por conservación es una práctica que promueve el desarrollo y manejo de especies benéficas propias de un lugar, minimizando las prácticas que actúen de forma negativa y que afecten la proliferación de estas especies. El control biológico clásico hace referencia a la importación de agentes de control biológicos (o ACB) específicos a un sitio donde se requieran para el combate de un agente que se presenta como plaga y que no cuenta con enemigos naturales propios. Por último, el control biológico aumentativo consiste en beneficiar el desarrollo de ACB en un lugar determinado (Rodríguez *et al.*, 2010). Además, se definen tres tipos de controladores biológicos: los depredadores, que son artrópodos (insectos y arácnidos) que atrapan a su presa y la devoran; los parasitoides que se alimentan de su hospedante de forma interna o externa; y los entomopatógenos, que se dividen en hongos, virus, bacterias y otros microorganismos que puedan producir enfermedades a los insectos (Rodríguez *et al.*, 2010).

El uso de insecticidas es una práctica generalizada en el control de plagas de productos almacenados; sin embargo, los problemas son cada vez mayores dado que los insectos asociados a granos almacenados desarrollan resistencia a los insecticidas, el número relativamente limitado de compuestos autorizados para la protección de los productos almacenados y las crecientes preocupaciones ambientales y de salud en torno al uso de insecticidas han despertado un interés renovado en los enfoques ecológicos para controlar las plagas de insectos. Por tanto, los métodos no químicos con especial referencia al control biológico, incluido el control conductual, botánico y microbiano se pueden practicar solos o en combinación como una alternativa o complemento al control químico (Deb, 2019).

Estos agentes de control, al pertenecer a distintos grupos taxonómicos poseen diferentes características biológicas y de comportamiento. Estas diferencias hacen que unos sean más exitosos que otros como biocontroladores en una estrategia de control determinada (control biológico clásico, conservativo, inoculativo o inundativo). Sin embargo, los biocontroladores más exitosos se caracterizan por poseer uno o más de los siguientes atributos: un alto grado de especificidad con la plaga, sincronía con el ciclo de vida de la plaga (especialmente cuando la especificidad entre predador y presa, o parasitoide y huésped es alta), alta capacidad de crecimiento poblacional con respecto a la plaga (desarrollo más rápido, más generaciones por año y mayor fecundidad), capacidad de sobrevivir periodos con poca abundancia de presa o aún en ausencia de la misma, alta capacidad de búsqueda, particularmente a bajas densidades de la plaga y la habilidad de modificar su acción en función de su propia densidad y la de la plaga; es decir mostrar denso dependencia (Ispizua, 2018).

Depredadores. Los depredadores son animales que matan a sus presas inmediatamente y requieren de varias de estas para completar su desarrollo. Generalmente, están especializados para cazar en ciertas etapas de desarrollo y/o a plagas pertenecientes a un determinado orden de insectos. La ventaja de usar un depredador es que tiene una amplia gama de presas (polífago), presentando el potencial para controlar un complejo de plagas con un solo enemigo natural. Con

relación a plagas de granos almacenados *Xylocoris flavipes* Reuter (Hemiptera: Anthocoridae), es un depredador de huevos, larvas, pupas y adultos de plagas de productos almacenados, como *Tribolium casteneum*, *T. confusum*, *Crytolestes pusillus*, *Rhizopertha dominica* y *Trogoderma granarium*, y constituye uno de los depredadores más estudiados como agente de control biológico (Deb, 2019). Rahman *et al.* (2009) reportaron que *X. flavipes* elimina larvas pequeñas y grandes de *C. pusillus* cuando fue liberado dentro de un frasco lleno de trigo infestado. Los autores también indicaron que las hembras eran mejores depredadoras en comparación con los machos. En bioensayos de liberación inoculativa de *X. flavipes* y *Blaptostethus pallescens* Poppius (Hemiptera: Anthocoridae) en arroz, se redujo significativamente la aparición de la polilla *Corcyra cephalonica* (Bhumannavar *et al.*, 2010). También, Adarkwah *et al.* (2019) evaluaron la eficacia de *X. flavipes* en combinación con el parasitoide *Theocolax elegans* Westwood (Hymenoptera: Pteromalidae), concluyendo que debe recomendarse cuando *R. dominica* y *S. oryzae* coexisten y se alimentan especialmente de arroz.

Parasitoides. Los parasitoides son aquellos insectos que en su etapa inmadura se desarrollan dentro o sobre otro animal invertebrado, el cual muere en el curso de la alimentación, mientras que en su estado adulto son de vida libre, y se alimentan solamente de agua o néctar (Ríos-Casanova, 2011). La mayoría de las especies de insectos parasitoides pertenecen a los órdenes Hymenoptera y Diptera aunque también hay algunas en los órdenes Coleoptera y Lepidoptera (Godfray, 1994). Estos insectos, en su mayoría, se especializan en huéspedes que pertenecen a una determinada especie o género de plaga, en un huésped en una determinada etapa de desarrollo, como huevo, larva o pupa. Por ejemplo, especies de himenópteros extremadamente pequeñas del género *Trichogramma* atacan solo la etapa de huevo, mientras que otras especies atacan la etapa larvaria final antes de que el insecto entre en la etapa de pupa (Heeps, 2006). Muchas especies de parasitoides están adaptadas para atacar insectos de granos almacenados. Estas especies están moderadamente especializadas en cuanto a qué huésped atacan y existen especies que infestan a cada una de las principales plagas de insectos de granos y otros productos almacenados (Heeps, 2006).

La ventaja de usar parasitoides en lugar de depredadores es que están adaptados para encontrar y atacar huéspedes específicos a diferencia de los depredadores, que con frecuencia son más generales con respecto a las presas que atacan y, a menudo, cambian a una especie de presa más numerosa. Los parasitoides continúan atacando a la misma especie de plaga hasta que su población se reduce a una densidad muy baja. Una ventaja adicional es que muchos parasitoides tienen una alta tasa intrínseca de aumento en comparación con la de sus huéspedes. Además, los adultos tienen una vida corta y no dañan los productos almacenados (Heeps, 2006). Se ha reportado que la liberación del parasitoide larvario, *Bracon Hebetor*, causa una mortalidad de 93,4 % en larvas de *Corcyra cephalonica* (Patel et al., 1982). Igualmente *T. pretiosum* y *T. carverae* son los agentes biológicos más efectivos contra las polillas del higo, *Ephestia cautella* y *E. kuehniella* (Steidle et al., 2001). Estudios de laboratorio han demostrado el potencial del ectoparasitoide solitario, *Anisopteromalus calandrae*, en la supresión de *S. zeamais* (Arbogast y Mullen, 1990), *S. oryzae* (Press, 1992); *R. dominica* (Mahal et al., 2005), *Callosobruchus chinensis* (Ahmed et al., 2006) y *C. maculatus* (Ngamo et al., 2007). Varios ectoparasitoides han sido reportados como controladores de plagas de insectos de granos almacenados, tales como: *Choetospila elegans*, que controla *S. zeamais*; *Dinarmus basalis*, capaz de controlar *Cercis chinensis*; y *Theocolax elegans*, que suprime la etapa larvaria de varias plagas de almacenamiento de coleópteros, como *R. dominica* y *S. cerealella* (Adarkwah et al., 2019).

Insecticidas naturales. Los insecticidas naturales, como los derivados del metabolismo secundario de las plantas, los polvos inertes y los extractos de hongos comestibles, surgen como una alternativa al uso de insecticidas sintéticos los cuales, debido a malas prácticas, han ocasionado el desarrollo de resistencia y provocado un impacto ambiental negativo (Mareggiani, 2001).

En primer lugar, los fitoquímicos o metabolitos secundarios de las plantas, además de otras funciones, tienen un papel fundamental en los mecanismos de defensa de las plantas (Bennett y Wallsgrove, 1994). Estos compuestos también actúan como atrayentes o repelentes en el manejo de plagas de insectos, e influyen en su crecimiento y desarrollo, la ecdisis, el comportamiento reproductivo, fertilidad,

y aparición de insectos plagas. Se han identificado numerosos compuestos químicos defensivos de origen vegetal que carecen o tienen baja toxicidad para el ser humano y el ambiente, representando una alternativa mucho más segura, mostrando, además, menor probabilidad de provocar el desarrollo de resistencia, por estar conformados por una mezcla de componentes de naturaleza compleja (Singh *et al.*, 2021). Se han descrito más de 2000 especies de plantas que cuentan con propiedades plaguicidas contra varias plagas de granos almacenados y se han desarrollado diversos productos botánicos derivados de estas, los cuales se han utilizado como polvos, lodos, fumigantes, aceites, o segmentos triturados (Singh *et al.*, 2021).

Los fitoquímicos ejercen su efecto sobre los insectos de varias maneras, que incluyen toxicidad por contacto o fumigación, repelencia, actividad anti alimentaria o disuasión de la alimentación, inhibidor del crecimiento y supresión del comportamiento reproductivo, y reducción de fecundidad y fertilidad (Rajashekar *et al.*, 2016). Al respecto, Bett *et al.* (2016) llevaron a cabo bioensayos con ciprés mexicano, (*Cupressus lusitanica* (Cupressaceae) y goma azul de Sydney, (*Eucalyptus saligna*) (Myrtaceae), los cuales mostraron toxicidad por contacto en adultos de *S. cerealella*, *A. obtectus*, *S. zeamais* y *T. castaneum*, aunque los mayores efectos fueron observados en *A. obtectus* y *S. cerealella* tanto por contacto como fumigante. Además, los niveles de repelencia alcanzaron entre 65,0 % y 92,5 % en *T. castaneum*.

Por otra parte, se encuentran los polvos inertes, cuyo efecto insecticida es conocido desde la antigüedad tanto por civilizaciones como por tribus indígenas (Ebeling, 1971), y en la actualidad son usados comúnmente para la protección contra insectos en granos almacenados. Estos materiales inertes, como tierras de diatomeas, zeolita natural o caolín, no son tóxicos para humanos y animales (Ziaee *et al.*, 2019). La tierra de diatomeas, o diatomita, es un polvo compuesto por algas fosilizadas que contienen principalmente SiO₂ amorfo y que son obtenidas de depósitos geológicos. Este material absorbe las ceras cuticulares de los insectos, dañando la cutícula y provocando muerte por desecación, siempre que el ambiente esté lo suficientemente seco para permitir la salida del agua desde el interior del

insecto (Korunik y Fields, 2020). Se han realizado muchas investigaciones que comprueban la efectividad del efecto insecticida de los polvos inertes sobre las plagas de granos almacenados. Korunik y Fields (2020) desarrollaron formulaciones que combinan tierra de diatomeas con otros compuestos inocuos, obteniendo resultados incluso más efectivos en comparación con el uso de diatomita sin combinar y sin afectar la densidad aparente del grano.

Extractos de hongos comestibles o basidiomicetes también presentan funciones de defensa contra plagas y enfermedades (Carrillo *et al.*, 2017). Pino *et al.* (2019) evaluaron el efecto insecticida/insectistático de extractos del hongo *Pleurotus ostreatus* en acetato de etilo para el control de *S. zeamais*, encontrando una actividad fumigante, repelente y antixenótica sobre el insecto, alcanzando hasta un 100 % de mortalidad al ser aplicado como fumigante.

Hongos entomopatógenos. Los hongos entomopatógenos son un grupo constituido por más de 750 especies distribuidas en todo el mundo, que han sido ampliamente estudiados por su potencial como agentes biocontroladores de un gran número de especies plaga de sistemas agrícolas, como áfidos, escarabajos, saltamontes, polillas, mariposas, termitas, gorgojos y moscas blancas entre muchos otros. Los hongos entomopatógenos se producen *in vitro* de manera fácil y económica, muestran una alta especificidad y son seguros para el operador a la hora de aplicarlos en los sistemas agrícolas (Puchetea *et al.*, 2006; Davyt, 2022). A la vez, estos hongos también pueden ser endófitos en plantas, antagonistas de fitopatógenos, colonizadores de la rizósfera y/o promotores del crecimiento de las plantas, abriendo la posibilidad de utilizar hongos en múltiples roles (Moonjely, Barelli, y Bidochka, 2016). Estos microorganismos inician su proceso infeccioso cuando las esporas son retenidas en la superficie del exoesqueleto, donde se inicia la formación del tubo germinativo, comenzando el hongo a excretar enzimas como proteasas, quitinasas, quitobiasas, lipasas y lipooxigenasas. Estas enzimas degradan la cutícula del insecto y coadyuvan con el proceso de penetración por presión mecánica iniciado por el apresorio, que es una estructura especializada formada en el tubo germinativo. Una vez dentro del insecto, el hongo desarrolla cuerpos hifales que se van diseminando a través del hemocele e invaden diversos

tejidos musculares, cuerpos grasos, tubos de Malpighi, mitocondrias y hemocitos, ocasionando la muerte del insecto después de tres a 14 días de iniciada la infección. Una vez muerto el insecto y ya agotados muchos de los nutrientes, el hongo inicia un crecimiento micelar e invade todos los órganos del hospedero. Finalmente, las hifas penetran la cutícula desde el interior del insecto y emergen a la superficie, donde en condiciones ambientales apropiadas inician la formación de nuevas esporas (Pucheta *et al.*, 2006). La mayoría de los micoinsecticidas producidos a nivel mundial pertenecen a hongos Hypocreales, dentro de los que se encuentran *Beauveria* spp., *Metarhizium* spp., *Lecanicillium* spp. (anteriormente *Verticillium* spp.) e *Isaria* spp. (anteriormente *Paecilomyces* spp.) (Cotes, 2018). Se ha reportado que los conidios de *M. anisopliae* en trigo almacenado provoca una mortalidad adulta significativa de *T. castaneum* y una menor infestación del grano (Batta y Safieh, 2005). Samodra y Ibrahim (2006) reportan que *B. bassiana* formulada en caolín registró la mortalidad de *S. oryzae* más alta y la menor pérdida de peso de grano en el arroz almacenado, seguido del talco y la harina de tapioca.

Capítulo 3. Ventajas y desventajas del control biológico de plagas asociadas a granos almacenados

Ventajas del uso de controladores biológicos en granos almacenados

El uso de parasitoides y depredadores de insectos para controlar plagas de insectos de productos almacenados tiene diversas ventajas sobre los controles químicos convencionales. Una de ellas es la ausencia de residuos nocivos debido a que estos residuos en los granos se pueden eliminar fácilmente utilizando los procedimientos de limpieza normales. En comparación con el control químico por fumigación, no se necesita sellar las instalaciones de almacenamiento, y no expone a peligro a los operadores y no hay restricciones en los casos que las personas vivan cerca. Los procedimientos utilizados para aplicar el control biológico son muy seguros para el usuario y el ambiente (Heeps, 2006). Además, es posible una continuidad del ciclo, ya que después de la liberación en una instalación de almacenamiento, muchos enemigos naturales continúan reproduciéndose mientras haya huéspedes

disponibles y las condiciones ambientales sean adecuadas (Khouli y Dhaliwal, 2003). En cuanto al lugar de liberación, los enemigos naturales de las plagas de granos almacenados pueden liberarse en un solo lugar para luego buscar y controlar las plagas localizadas en el interior de las grietas o entre los granos (Khouli y Dhaliwal, 2003). Además, el entorno del producto almacenado es ideal para el control biológico, ya que las condiciones ambientales son generalmente favorables para los enemigos naturales y las estructuras de almacenamiento evitan que estos controladores migren.

Económicamente, los sistemas orgánicos generalmente superan a los convencionales debido a su mayor precio de mercado. A medida que los alimentos orgánicos se vuelven económicamente más atractivos para los productores, será fundamental que los organismos de control biológico y el conocimiento de cómo usarlos de forma adecuada estén disponibles para los productores (Durham y Mizik, 2021).

Desventajas del uso de controladores biológicos en granos almacenados

Por otra parte, existen varias condiciones que limitan el uso de control biológico en productos almacenados.

La principal desventaja es que el control biológico requiere más información y una sincronización adecuada en comparación con los insecticidas químicos tradicionales. La sincronización de las actividades biológicas y las etapas de la metamorfosis de una plaga y su enemigo natural asociado deben conocerse con precisión para determinar el momento exacto de la susceptibilidad del huésped o la etapa en la que el agente controlador puede controlarlos (Ramos *et al.*, 2023).

Otra desventaja es que muchos insectos benéficos son específicos del huésped, especialmente los parasitoides (Badii y Abreu, 2006), lo que significa que se debe liberar la especie correcta para controlar a los insectos plaga. Por ello es necesario determinar qué especies de plagas están causando el problema y luego obtener y liberar las especies controladoras apropiadas para que el control sea efectivo.

La mayor frecuencia de liberaciones representa también un aspecto desfavorable (Silva, 2002). En muchas ocasiones, se hacen necesarias múltiples

aplicaciones para asegurar el asentamiento exitoso de una población adecuada de insectos controladores para poder alcanzar un control efectivo de las plagas. Esto conlleva un incremento en los costos debido al mayor número de liberaciones requeridas (Solà, 2017).

Por otra parte, es fundamental el momento de aplicación. Para que el control biológico sea económico, las liberaciones deben realizarse lo suficientemente temprano en el ciclo de crecimiento de la plaga para que los insectos benéficos superen en número a la plaga o al menos igualen su densidad. Si los insectos benéficos se liberan tarde, entonces se deben liberar cantidades progresivamente más altas para controlar las plagas. A diferencia de los insecticidas y fumigantes convencionales, los insectos benéficos no se pueden utilizar con éxito si el administrador espera hasta que el número de plagas haya alcanzado niveles altos. Por tanto, el diseño de un programa de control biológico para plagas de insectos de productos almacenados requiere un control y planificación cuidadosa.

Por último, el control biológico es de acción relativamente lenta, lo que puede limitar los productos destinados a la exportación o dar un control insuficiente donde ya se ha desarrollado una gran población (Heeps, 2006).

CONCLUSIONES

1. El control biológico es una alternativa viable en el control de plagas de granos almacenados siempre que se inserte en un manejo Integrado de Plagas.
2. El control biológico de plagas de granos almacenados debe ser preventivo y sincronizado con la plaga debido a que ningún método alcanza de manera eficiente al insecto en el interior de la semilla.
3. Las condiciones ambientales de humedad y temperatura requeridas por algunos agentes de control biológico pueden perjudicar la conservación de ellos granos.
4. Los hongos entomopatógenos presentan ventajas sobre parasitoides y depredadores debido a que se cultivan fácilmente a bajo costo y aplican como un insecticida convencional.

REFERENCIAS

1. Abadía, B. y R. Bartosik. 2013. Manual de buenas prácticas en poscosecha de granos. Ediciones INTA. Buenos Aires, Argentina.
2. Adarkwah, C., D. Obeng-Ofori, E. Opuni-Frimpong, C. Ulrichs and M. Schöller. 2019. Predator-parasitoid-host interaction: biological control of *Rhyzopertha dominica* and *Sitophilus oryzae* by a combination of *Xylocoris flavipes* and *Theocolax elegans* in stored cereals. 167(2): 118-128.
3. Ahmed, K.N, S.H. Pramanik and M. Khatum. 2006. Intraspecific competition between *Anisopteromalus calandrae* (Howard) and *Dinarmus basalis* (Rond) on *Callosobruchus chinensis*. J. Biol. Sci. 14(1): 103-106.
4. Arbogast, R.T. and M.A. Mullen. 1990. Interaction of maize weevil (coleoptera: curculionidae) and parasitoid *Anisopteromalus calandrae* (hymenoptera: pteromalidae) in a small bulk of stored corn. J. Econ. Ent. 83(6): 2462-2468.
5. Badii, M.H. y J.L. Abreu. 2006. Control biológico una forma sustentable de control de plagas. International Journal of Good Conscience 1(1): 82-89.
6. Batta, Y.A. and D.I.A. Safieh. 2005. A study of treatment effect with *Metarhizium anisopliae* and four types of dusts on wheat grain infestation with red flour beetles (*Tribolium castaneum* Herbs coleoptera: tenebrionidae). J. Islamic Univ. Gaza 13(1): 11-22.
7. Bennett, R.N. and R.M. Wallsgrove. 1994. Secondary metabolites in plant defense mechanisms. New Phytol.127(4): 617-633.
8. Bett, P.K., A.L. Deng, J.O. Ogendo, S.T. Kariuki, M. Kamatenesi-Mugisha, J.M. Mihale and B. Torto. 2016. Chemical composition of *Cupressus lusitanica* and *Eucalyptus saligna* leaf essential oils and bioactivity against major insect pests of stored food grains. Ind. Crops Prod. 82: 51-62.
9. Bhumannavar, B.S., K.S. Murthy and R.J. Rabindra. 2010. Annual report (2009-10). National Bureau of Agriculturally Important Insects (NBAII). Bangalore, India.
10. Burges, H.D. and N.J. Burrell. 1964. Cooling bulk grain in the british climate to control storage insects and to improve keeping quality. J. Sci. Food Agric. 15(1): 32-50.

11. Carrillo, J.D., R.O. Méndez, R. Gutiérrez, C.A. Reyes y P.P. Miranda. 2017. Actividad antibacteriana de *Pleurotus ostreatus*. Compendio Investigativo de Academia Journals Celaya 2017. Noviembre 8, 9, y 10 2017. Guanajuato, México.
12. Cotes, A.M. 2018. Control biológico de fitopatógenos, insectos y ácaros. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. Mosquera, Colombia.
13. Davyt, C. 2022. Ecología química y genes involucrados en la interacción entre insectos tenebriónidos y hongos entomopatógenos. Trabajo de Tesis Doctoral, Doctor en Ciencias. Universidad Nacional de la Plata, Departamento de Ciencias Biológicas. La Plata, Argentina.
14. Deb, S. 2019. Biological suppression of stored grain insect pests. Int. j. zool. animal biol. 2(2): 000146(Art. No.) doi: 10.23880/izab-16000146 [en línea].
15. Durham, T.C. and T. Mizik. 2021. Comparative economics of conventional, organic, and alternative agricultural production systems. Economies 9(2): 64-85.
16. Ebeling, W. 1971. Sorptive dusts for pest control. Annu. Rev. Entomol. 16(1): 123-158.
17. FAO. 1991. Storage of cereal grains and their products (2nd ed.). Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy.
18. FAO. 1993. La ingeniería en el desarrollo: manejo y tratamiento de granos poscosecha; organización y técnicas. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Roma, Italia.
19. FAO, 2002. Agricultura mundial: hacia los años 2015/2030 [en línea]. Food and Agriculture Organization. <<https://www.fao.org/3/y3557s/y3557s00.htm>>. [Consulta: 4 abril 2023].
20. García-Lara, S., C. Espinosa Carrillo y D.J. Bergvinson. 2007. Manual de plagas en granos almacenados y tecnologías alternas para su manejo y control. CIMMYT. Distrito Federal, México.
21. Godfray, H.C.J. 1994. Parasitoids: behavioral and evolutionary ecology. Princeton University Press. Princeton, USA.

22. Gutiérrez, A., A. Robles, C. Santillán, M. Ortiz y O. Cambero. 2013. Control biológico como herramienta sustentable en el manejo de plagas y su uso en el estado de Nayarit, México. *Biociencias* 2(3) doi: 10.15741/revbio.02.03.04 [en línea].
23. Heeps, J. 2006. *Insect management for food storage and processing*. (2nd. Ed.) AACC International. Minnesota, USA.
24. Ispizua, P. 2018. Control biológico de plagas de la agricultura. Tesis de licenciatura, Ingeniero Agrónomo. Universidad del Salvador, Facultad de Ciencias Agrarias y Veterinarias. Buenos Aires, Argentina.
25. Lugo, O.Y. y E.N. Marino-Marmolejo. 2017. Inocuidad en granos. En: O.Y. Lugo, C. Alvarado y E. Ramírez (Eds.). *Inocuidad y trazabilidad en los alimentos mexicanos*. CIATEJ/CONACYT. Guadalajara, México.
26. Mahal, N., W. Islam, S. Parween and K. Mondal. 2005. Effect of *Anisopteromalus calandrae* in controlling residual populations of *Rhizopertha dominica* in wheat stores. *Int. J. Trop. Insect Sci.* 25(4): 245-250.
27. Mareggiani, G. 2001. Manejo de insectos plaga mediante sustancias semioquímicas de origen vegetal. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)* 60: 22-30.
28. Moonjely, S., L. Barelli and M. Bidochka. 2016. Insect pathogenic fungi as endophytes. *Adv. Genet.* 94:107-135.
29. Ngamo, T.S.L., H. Kouninki, Y.D. Ladang, M.B. Ngassoum, P.M. Mapongmestse and T. Hance. 2007 Potential of *Anisopteromalus calandrae* (Howard) as biocontrol agent of *Callosobruchus maculatus*. *Afr. J. Agric. Res.* 2(4): 168-172.
30. ODEPA. 2022. Cereales [en línea]. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias, Chile. <<https://www.odepa.gob.cl/rubros/cereales>>. [Consulta: 21 marzo 2023].
31. Patel, R.C., D.N. Yadav and P.U. Saramma. 1982. Effectiveness of *Bracon hebetor* against *Corcyra cephalonica* infestation in go down. *Gujarat Agric. Univ. Res. J.* 7(2): 121-123.
32. Pekmez, H. 2016. Cereal storage techniques: a review. *J. Agr. Sci. Tech. B.*

6(2): 67-71.

33. Pino, V., G. Silva-Aguayo, I. Figueroa-Cares, M. Gerding-González, P. Loyola, G.S. Castañeda-Ramírez and L. Aguilar-Marcelino. 2019. Eficacia *in vitro* de extractos del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* Kumm para el control de *Sitophilus zeamais* Motschulsky. Chil. J. Agric. Anim. Sci. 35(3): 293-303.
34. Press, J.W. 1992. Comparative penetration efficacy in wheat between weevil parasitoids *Anisopteromalus calandrae* and *Choetospila elegans*. J. Entomol. Sci. 27: 154-157.
35. Pucheta, M., A. Flores, S. Rodríguez y M. de la Torre. 2006. Mecanismo de acción de los hongos entomopatógenos. Interciencia 31(12): 856-860.
36. Rahman, M.M., W. Islam and K.N. Ahmed. 2009. Functional response of the predator *Xylocoris flavipes* to three stored product insect pests. Int. J. Agric. Biol. 11(3): 316-320.
37. Rajashekar, Y., N. Tonsing, T. Shantibala, J.R. Manjunath. 2016. 2,3-dimethylmaleic anhydride (3,4-dimethyl-2,5-furandione): a plant derived insecticidal molecule from *Colocasia esculenta* var. *esculenta* (L.) Schott Sci. Rep. 3(6): 20546(Art. No.) doi: 10.1038/srep20546 [en línea].
38. Ramírez G.M.1982. Almacenamiento y conservación de granos y semillas. Editorial CECSA. Distrito Federal, México.
39. Ramos, L.C., X. Li, K.S. Akutse, B.S. Bamisile, J.P. Sánchez, Z. Lie and J. Liu. 2023. Host–parasitoid phenology, distribution, and biological control under climate change. Life 13(12): 2290-2308.
40. Ríos-Casanova, L. 2011. ¿Qué son los parasitoides? [en línea]. Academia Mexicana de Ciencias, México. <https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/62_2/PDF/05_QueSonParasitoides.pdf>. [Consulta: 10 abril 2023].
41. Rodríguez, A., S. Guillen, H. Valle, V. Uva, R. Segura, S. Laprade y J. Sandoval. 2010. Aspectos a considerar sobre el control biológico. Hoja Divulgativa N°2. CORBANA/REPCar. Guápiles, Costa Rica.
42. Salvadores, Y., G.Silva, M. Tapia y R. Hepp. 2007. Polvos de especias aromáticas para el control del gorgojo del maíz, *Sitophilus zeamais* Motschulsky, en trigo almacenado. Agricultura Técnica (Chile) 67(2):147-154.

43. Samodra, H. and Y. Ibrahim. 2006. Effects of dust formulations of three entomopathogenic fungal isolates against *Sitophilus oryzae* (coleoptera: curculionidae) in rice grain. *Jurnal Biosains* 17(1): 1-7.
44. Silva, G. 2002. Control orgánico (natural) de plagas de los granos almacenados [en línea]. Fundación para la Innovación Agraria, Chile. <https://bibliotecadigital.fia.cl/bitstream/handle/20.500.11944/412/Manejo_organico_de_granos_en_post_cosecha.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Consulta: 21 diciembre 2023].
45. Singh, K.D., A.J. Mobolade, R. Bharali, D. Sahoo and Y. Rajashekar. 2021. Main plant volatiles as stored grain pest management approach: a review. *J. Agric. Food Res.* 4: 100127(Art. No.) doi: 10.1016/j.jafr.2021.100127 [en línea].
46. Solà, M. 2017. Approaches for the biological control of stored product pests. Thesis, PhD. Universitat Autònoma de Barcelona, Department of Animal Biology, Plant Biology and Ecology. Barcelona, Spain.
47. Steidle, J.L., D. Rees and E.J. Wright. 2001. Assessment of australian *Trichogramma* species (hymenoptera: trichogrammatidae) as control agents of stored product moths. *J. Stored Prod. Res.* 37(3): 263-275.
48. Upadhyay, R.K. and S. Ahmad. 2011. Management strategies for control of stored grain insect pests in farmer stores and public warehouses. *World J. Agric. Sci.* 7(5): 527-549.
49. Vitta, N. y V. Aguilar. 2019. La polilla india de la harina *Plodia interpunctella* (Hübner). Ficha Técnica N°26. INIA La Platina. Santiago, Chile.
50. Ziaee, M., A. Ebadollahi and W. Wakil. 2019. Integrating inert dusts with other technologies in stored products protection. *Toxin Rev.* 40(4): 1-16.