

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

**SEDE QUITO**

**Unidad de Posgrado**

**Maestría en Agroecología Tropical Andina**

**Tesis previa a la obtención del título de: MAGISTER EN  
AGROECOLOGÍA TROPICAL ANDINA**

**Tema:**

**Metodologías de tratamiento del gorgojo *Sitophilus zeamais* en maíz almacenado,  
como un aporte al manejo agroecológico de plagas.**

**AUTOR:**

**PADILLA ÁLVAREZ OSCAR EDUARDO**

**DIRECTOR/A:**

**Ing. ROSITA ESPINOZA G, MAE**

**Quito, Abril de 2015**

## **DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD Y AUTORIZACIÓN DE USO DEL TRABAJO DE GRADO**

Yo, Oscar Eduardo Padilla Álvarez autorizo a la Universidad Politécnica Salesiana la publicación total o parcial de este trabajo de grado y su reproducción sin fines de lucro.

Además declaro que los conceptos y análisis desarrollados y las conclusiones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad del autor.

---

Oscar Eduardo Padilla Álvarez

CC: 1712536307

## DEDICATORIA

Para Lili, Juan Pablito y Maite, lo más importante en mi vida.

## AGRADECIMIENTO

A la Universidad Politécnica Salesiana; a sus profesores y en especial a la Ingeniera Rosita por su ayuda para la elaboración del trabajo de grado.

## Contenido

RESUMEN.....	11
SUMMARY .....	12
INTRODUCCIÓN .....	13
1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....	15
1.1 Agroecología.....	15
1.2 Manejo ecológico de plagas y enfermedades .....	16
1.2.1 Métodos de Control Cultural.....	16
1.2.2 Métodos de Control Mecánico .....	17
1.2.3 Métodos de Control Físico .....	17
1.2.4 Métodos de Control Natural .....	18
1.2.5 Métodos de Control Biológico Clásico .....	18
1.2.6 Métodos de Control Fitogenético .....	19
1.2.7 Métodos de Control Fitoquímico .....	19
1.2.8 Métodos de Control Etológico .....	20
1.2.9 Métodos de Control Mixto .....	20
1.3 Aceites esenciales.....	20
1.4 Extractos vegetales.....	21
1.5 Polvos vegetales .....	21
1.6 Cultivo de maíz ( <i>Zea mays</i> ). .....	22
1.6.1 Origen.....	22
1.6.2 Estadísticas de producción en el mundo.....	22
1.6.3 Estadísticas de producción en el Ecuador .....	23
1.6.4 El maíz en el Ecuador. Contexto cultural.....	23
1.7 Gorgojo del maíz ( <i>Sitophilus zeamais</i> Motschulsky).....	24
1.7.1 Morfología.....	24
1.7.2 Ciclo Biológico .....	25
1.7.3 Comportamiento de la plaga.....	25
1.8 Investigaciones en el Ecuador y Latinoamérica para control del gorgojo del maíz <i>Sitophilus zeamais</i> . .....	26
1.9 Revisión Sistemática .....	27
2. MARCO METODOLÓGICO .....	28
2.1 Estrategias de Búsqueda.....	28
2.2 Criterios de inclusión y exclusión .....	28
2.3 Análisis de Datos.....	32

3. RESULTADOS .....	33
3.1 Publicaciones por país .....	33
3.2 Publicaciones por continentes .....	36
3.3 Idioma de las publicaciones .....	37
3.4 Tipos de Control de <i>Sitophilus zeamais</i> en maíz almacenado.....	38
3.4.1 Tratamientos de Control Físico.....	39
3.4.2 Tratamientos de Control Mixto.....	40
3.4.3 Tratamientos de Control Biológico .....	42
3.4.4 Tratamientos de Control Fitogenético.....	43
3.4.5 Uso de especies vegetales .....	44
4. CONCLUSIONES .....	56
5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	58
ANEXOS.....	64

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>CUADRO 1.</b> Formato de la matriz para la aplicación de los criterios de inclusión-exclusión para los artículos de la investigación.....	29
<b>CUADRO 2.</b> Matriz para la recolección de datos de los artículos seleccionados.....	32
<b>CUADRO 3.</b> Publicaciones sobre manejo de <i>Sitophilus zeamais</i> por país y sus autores...33	
<b>CUADRO 4.</b> Familias y especies con potencial de control de gorgojo del maíz <i>Sitophilus zeamais</i> en maíz almacenado. ....	54

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>GRÁFICO 1.</b> Número de publicaciones de estudios de manejo de <i>Sitophilus zeamais</i> por países. ....	35
<b>GRÁFICO 2.</b> Distribución de las publicaciones sobre manejo de <i>Sitophilus zeamais</i> , expresado en porcentaje, por continentes.....	36
<b>GRÁFICO 3.</b> Idioma de publicación, expresado en porcentaje, de los estudios analizados en manejo de <i>Sitophilus zeamais</i> .....	37
<b>GRÁFICO 4.</b> Tipos de control de <i>Sitophilus zeamais</i> reportados en las publicaciones de las tres bases de datos analizadas en el periodo 2000-2013.....	38
<b>GRÁFICO 5.</b> Familias con más especies vegetales que reportan algún grado de control sobre <i>Sitophilus zeamais</i> .....	53

## ÍNDICE DE FIGURAS

**FIGURA 1.** Niveles de la Agroecología (Adaptado de Grifón, 2012). .....15

**FIGURA 2.** Algoritmo del proceso de Revisión Sistemática. ....31

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>ANEXO 1.</b> Cultivo de maíz en la región sierra del Ecuador.....	64
<b>ANEXO 2.</b> Pan de maíz.....	65
<b>ANEXO 3.</b> Chicha de jora.....	66
<b>ANEXO 4.</b> Mote Pelado.....	67
<b>ANEXO 5.</b> Tostado.....	68
<b>ANEXO 6 y 7.</b> El gorgojo del maíz <i>Sitophilus zeamais</i> en maíz almacenado.....	69

## RESUMEN

El maíz es un alimento indispensable para la humanidad y *Sitophilus zeamais* es la plaga más importante que ataca este cereal. En el Ecuador para controlarlo se conoce que se está utilizando, como principal opción, el pesticida organofosforado fosfamina; y, como un aporte de la Agroecología al manejo de plagas, se realizó esta investigación con el fin de conocer algunos métodos de manejo del gorgojo en maíz almacenado que se han evaluado alrededor del mundo. El presente trabajo pretende servir de insumo para futuras investigaciones científicas sobre la temática tendiente a mitigar los problemas causados por el ataque de esta plaga. La metodología que se usó fue la conocida como “Revisión sistemática”, para lo cual se elaboró un protocolo que ubicó artículos sobre manejo de *Sitophilus zeamais* en maíz almacenado, en tres bases de datos (Taylor & Francis, ScienceDirect y Scielo) utilizando opciones de búsqueda avanzada, usando además, criterios de inclusión y exclusión para obtener un número de artículos finales (cuarenta y tres) los cuales fueron descargados en formato PDF. Posteriormente estos artículos fueron revisados, leídos y analizados completamente. Con una matriz (en Excel) se obtuvo la información principal o de interés de cada artículo. Entre los principales resultados obtenidos tenemos que: Latinoamérica y África son las regiones donde más se ha publicado sobre tipos de manejo de esta plaga. El idioma inglés prevalece en las investigaciones publicadas. El uso de especies vegetales para la obtención de aceites esenciales usados como insecticidas o repelentes vegetales, es el tipo de tratamiento más estudiado. Al final, se resalta la necesidad de cambiar las técnicas de control de la agricultura convencional, arraigadas desde la revolución verde, por un enfoque más agroecológico en el manejo de nuestros recursos.

Palabras clave: *Sitophilus zeamais*, Revisión sistemática, Agroecología

## SUMMARY

Corn is an essential food for humanity and *Sitophilus zeamais* is the most important pest of this cereal. In Ecuador the main control of this pest that has been used is the organophosphate pesticide phosphine; as a contribution of Agroecology pest management this research was conducted to know some management methods against weevil in stored corn that have been tested around the world. In addition, this paper is intended to serve as input for future research on the subject aimed at mitigating the problems caused by the attack of this pest. The methodology used was known as "systematic review", for which a protocol that placed articles on management *Sitophilus zeamais* in stored corn in three databases (Taylor & Francis, ScienceDirect and Scielo) was developed using options Advanced search further using, inclusion and exclusion criteria to obtain the articles. A number of end items was forty-three of which were downloaded in PDF format. Later these articles were reviewed, read and fully analyzed. With an array (in Excel) the principal or interest of each item information was obtained. Among the main results we have: Latin America and Africa are the regions where most published on types of management of this pest. The English language prevails in published research. The use of plants for the production of essential oils that are used as insecticides or repellents plant, is the most studied type of treatment. In the end, the need to change control techniques of conventional agriculture, rooted from the green revolution, for a more agroecological approach in the management of our resources is highlighted.

Keywords: *Sitophilus zeamais*, Systematic review, Agroecology

## INTRODUCCIÓN

El maíz está en el grupo de gramíneas más importantes para consumo humano y animal en Ecuador (INEC, 2010, pág. 1); simultáneamente, se considera al gorgojo del maíz *Sitophilus zeamais* como la plaga más importante que afecta a este cereal en almacenamiento (Tapia, 2013, pág. 15). El mismo autor señala que para combatir a la plaga, se está utilizando un pesticida organofosforado cuyo ingrediente activo es la Fosfamina. Con estos antecedentes y como un aporte al manejo agroecológico de plagas se planteó la presente investigación con la finalidad de obtener información clara que permita conocer los métodos para manejo del gorgojo *Sitophilus zeamais* en maíz almacenado alrededor del mundo y que hayan sido publicados en la literatura científica en el período 2000 – 2013. Se aspira, que este trabajo sirva de insumo para nuevas investigaciones encaminadas a mitigar los problemas que causa el ataque de esta plaga.

Se sabe, aunque no se encuentran estadísticas al respecto, que muchos de nuestros agricultores, para evitar pérdidas en su cosecha de maíz, recurren al uso del fosfuro de Aluminio. En el Ecuador, este insecticida se halla registrado bajo los nombres comerciales de Gastoxin y Phostoxin clasificados en la categoría toxicológica Ia (extremadamente peligroso) (AGROCALIDAD, 2015).

Respecto al uso de pesticidas y a la pérdida de las cosechas, a nivel mundial, se menciona, por ejemplo que *“la pérdida en el rendimiento de muchos cultivos debido a las plagas (que alcanza entre un 20% al 30% en la mayoría de los cultivos), a pesar del incremento substancial en el uso de plaguicidas (cerca de 500 millones de kilogramos de ingrediente activo a nivel mundial), es un síntoma de la crisis ambiental que afecta a la agricultura”* (Altieri & Nicholls, 2000). Con estos antecedentes y considerando que *“la Agroecología aprovecha los procesos naturales y las interacciones en beneficio de los cultivos con miras a reducir el uso de insumos externos y de mejorar la eficiencia de los sistemas de cultivo”* (Altieri & Nicholls, 2000), surgió la necesidad de realizar la presente investigación, tendiente a aportar con información que dé cuenta de *¿Cuáles son las metodologías de manejo del gorgojo Sitophilus zeamais en maíz almacenado reportados en la literatura científica en el período 2000 – 2013?.* Para esto se plantearon los siguientes objetivos:

Analizar las metodologías de manejo del gorgojo *Sitophilus zeamais* en maíz almacenado reportadas en la literatura científica en el período 2000–2013 y; Aplicar la metodología de revisión sistemática para la búsqueda de la literatura científica relacionada.

El presente documento se halla organizado de la siguiente manera: El capítulo 1, que corresponde a revisión bibliográfica, se compila información acerca de las principales definiciones relacionadas con la investigación, como es el caso de: Agroecología; se definió lo que se conoce como manejo ecológico de plagas, tipos de control; se hace mención al cultivo de maíz donde se señala su origen, estadísticas de producción mundial y en el Ecuador, su importancia cultural; se incluye también información sobre el gorgojo del maíz *Sitophilus zeamais*, su morfología, ciclo biológico y comportamiento como plaga. Se incorporó el concepto de aceite esencial así como información sobre extractos y polvos vegetales; se hace referencia además, a algunas investigaciones realizadas en el Ecuador sobre manejo de *Sitophilus zeamais* en maíz almacenado. Finalmente, se hizo una breve reseña del concepto de revisión sistemática. El capítulo 2, hace referencia al marco metodológico en donde se describe la elaboración del protocolo de revisión sistemática relacionado con la búsqueda de artículos sobre manejo del gorgojo *Sitophilus zeamais* en el maíz, en tres bases de datos (Taylor & Francis, ScienceDirect y Scielo) utilizando opciones de búsqueda avanzada, con criterios de exclusión e inclusión (con la finalidad de que se seleccionen sólo los artículos que tengan la palabra *Sitophilus zeamais* en el título de la investigación, que sean artículos publicados entre los años 2000 al 2013, que estén redactados en inglés, español y/o portugués y que estén indexados a revistas (journals). Estos artículos fueron descargados en formato PDF y ubicados en archivos digitales. En una primera revisión general, se descartaron artículos repetidos, aquellos que no eran originales, que no correspondían específicamente al control de la plaga *Sitophilus zeamais* en maíz almacenado y los que no cumplían con el formato IMRAD (introducción, metodología, resultados y discusión, por sus siglas en inglés). Con este procedimiento, se obtuvieron el total de artículos depurados (cuarenta y tres), los que fueron revisados, leídos y analizados completamente. Con la ayuda de una matriz (en Excel) se obtuvo la información principal o de interés de cada artículo. En el capítulo 3 se explica, a detalle, todos los resultados de la investigación; mientras que, en el capítulo 4 se redactaron las conclusiones obtenidas. Se finaliza con las referencias bibliográficas que dan sustento a la investigación.

# 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

## 1.1 Agroecología.

La Agroecología es “una disciplina científica que enfoca el estudio de la agricultura desde una perspectiva ecológica y se define como un marco teórico cuyo fin es analizar los procesos agrícolas de manera más amplia. El enfoque agroecológico considera a los ecosistemas agrícolas como las unidades fundamentales de estudio” (Altieri & Nicholls, 2000, pág. 14).

Para Grifón (2012), la Agroecología es la aplicación de conceptos y principios ecológicos al diseño y manejo de agroecosistemas sostenibles; la misma que proporciona el conocimiento y las metodologías para desarrollar una agricultura medioambientalmente sensible, altamente productiva y económicamente viable. Este mismo autor complementa diciendo que la Agroecología posee distintos niveles y podemos imaginarla “como un bulbo formado por hojas que se cubren unas a las otras”, las hojas a las que el autor hace referencia, se presentan de forma adaptada en la figura 1 (Grifón, 2012, pág. 1).



Fig.1 Niveles de la Agroecología (Adaptado de Grifón, 2012)

Elaboración: El Autor

Finalmente se enuncia que *“la Agroecología surge como resultado de los aportes de varias disciplinas como la Agronomía, Ecología, Antropología y Economía Agraria que desde una mirada crítica, cuestionaron las transformaciones del medio rural sustentadas en políticas y tecnologías que simplificaron sistemas productivos diversos y complejos, provocando un mayor grado de vulnerabilidad de las sociedades agrarias y una destrucción acelerada de los recursos naturales”* (Romero, y otros, 2002, pág. 24)

## **1.2 Manejo ecológico de plagas y enfermedades**

El Manejo integrado de plagas se define como *“la articulación de variadas técnicas de métodos diferentes de control, incluyendo el químico, económicamente viables, no peligrosos para el ser humano y animales que protejan al medio ambiente y, que contribuyan a una agricultura sustentable.”* (Romero, y otros, 2002, pág. 24).

Simultáneamente *“se define como manejo ecológico de plagas y enfermedades de los cultivos a la utilización armónica de una serie de prácticas, que sin alterar el equilibrio del medio ambiente pretende prevenir el desarrollo de las poblaciones insectiles y patógenas a fin de que no alcancen niveles de daño a los cultivos”* (Suquilanda, 1995, pág. 262).

### **1.2.1 Métodos de Control Cultural**

*“Se basa en la ejecución de una serie de labores, propias de los cultivos, partiendo desde la preparación del suelo hasta la conclusión del ciclo vegetativo de los mismos”.* (Suquilanda, 1995, págs. 264-266).

Se mencionan algunas prácticas consideradas como ejemplo de este tipo de control (Nuñez, 2000, pág. 55):

- Asociación de cultivos.
- Rotación de cultivos.
- Preparación de suelo.
- Labores periódicas de escarda.
- Podas y tutores.
- Uso de coberturas o mulch.
- Siembra intercalada de plantas repelentes o benéficas.
- Incorporación de MO.

### **1.2.2 Métodos de Control Mecánico**

Una definición de control mecánico es la siguiente: *“Son una serie de procedimientos encaminados a controlar directamente a las plagas o cambiar su ambiente de manera que se vuelva no aceptable para la sobrevivencia o desarrollo de ellas”* (Suquilanda, 1995, págs. 266 - 268).

Como ejemplos de control mecánico se tiene al uso o aplicación de las técnicas descritas a continuación (Romero, y otros, 2002, pág. 59):

- Remoción y destrucción manual de insectos.
- Eliminación de insectos con el uso de agua a presión, aspiradoras, trampas de fermentos o con el uso de luz, bandas plásticas impregnadas con aceite, entre otras.
- Eliminación de material enfermo o infectado.
- Desinfección de herramientas

### **1.2.3 Métodos de Control Físico**

La definición de control físico se argumenta como el *“uso de técnicas como la solarización, vapor de H<sub>2</sub>O, radiación UV, Ozono, CO<sub>2</sub> y ultrasonido para el control de plagas y enfermedades”* (Romero, y otros, 2002, pág. 59).

Control físico también podría definirse como aquel donde *“interviene algún agente abiótico en intensidades que resulten letales para los insectos”* que sirven para manipular el ambiente en el que se desarrollan las plagas a base del uso de calor, radiación, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, humedad, etc. También se podría incluir en este grupo a los polvos inertes como ceniza vegetal (Suquilanda, 1995, pág. 266).

#### **1.2.4 Métodos de Control Natural**

*“El control natural se denomina al conjunto de factores bióticos y abióticos que son capaces de causar mortalidad en poblaciones de plagas”* (Romero, y otros, 2002, pág. 80).

Complementando lo anteriormente dicho se menciona que *“Métodos de control natural son aquellos que fomentan el desarrollo de controladores naturales como aves, arácnidos, mamíferos, batracios, reptiles y más”* (Suquilanda, 1995, págs. 270-274).

#### **1.2.5 Métodos de Control Biológico Clásico**

*“El control biológico es la represión de la población de organismos, mediante la utilización de otros organismos. Esto se realiza mediante el manejo de predadores, parasitoides y entomopatógenos específicos para cada plaga”* (Romero, y otros, 2002, págs. 81 - 83).

Una segunda definición menciona que *“los controles biológicos hacen uso de fenómenos naturales que mantienen a las plagas, sus parásitos y depredadores en equilibrio, no permitiendo que estos lleguen a causar daños considerables”* (Nuñez, 2000, pág. 76).

Y una tercera definición nos resalta que *“consiste en la utilización de cualquier agente biológico de control natural o agente microbiológico pero de forma dirigida”*. Así sobresale el uso de agentes microbiológicos como: bacterias (*Bacillus thuringiensis*);

hongos (*Beauveria bassiana*, *Verticillium lecanii*, *Metharrizium anisopliae*, *Trichoderma viride*) e insectos parasitoides (*Trichogramma sp.*) (Suquilanda, 1995, págs. 274-276).

### **1.2.6 Métodos de Control Fitogenético**

El control fitogenético o “*resistencia varietal es la capacidad de una población de plantas para evitar, tolerar, o recuperarse del daño producido por insectos fitófagos...esta resistencia se debe a características morfológicas o bioquímicas que afectan al comportamiento o metabolismo de estos insectos*” (Romero, y otros, 2002, pág. 70).

También se puede definir a la resistencia genética como “*una de las cualidades que tienen las plantas para defenderse del ataque de las plagas y enfermedades, características que deben ser tomadas en cuenta al momento de elegir una especie a plantar*” (Suquilanda, 1995, pág. 279).

### **1.2.7 Métodos de Control Fitoquímico**

Para conceptualizar el control fitoquímico debemos entender que es un tipo de “*control con preparados naturales. Son métodos basados en los principios activos (químicos) presentes en los extractos de algunas plantas con propiedades insecticidas o fungicidas y bajos niveles residuales. Son los preparados que se aplican en los cultivos mediante diluciones, decocciones o espolvoreo al follaje o al suelo*” (Nuñez, 2000, pág. 75).

También podemos mencionar que control fitoquímico es aquel “*donde se recurre al uso de principios activos (químicos) existentes en algunos vegetales que tienen propiedades insecticidas y/o fungicidas con bajos niveles de residualidad, los mismos que se aplican en los cultivos mediante diluciones, puros o en aspersiones*” (Suquilanda, 1995, pág. 280).

En este tipo de métodos se considera que se podrían incluir al uso de los aceites esenciales obtenidos a partir de especies vegetales, para el tratamiento y control de plagas, en este caso *Sitophilus zeamais*.

### **1.2.8 Métodos de Control Etológico**

Los atrayentes alimenticios son definidos dentro del marco del control etológico y se los describe de la siguiente manera: *“Los insectos para la consecución de su fuente de alimento y sitios de ovoposición, son estimulados por sustancias químicas presentes en las plantas. Conocimiento que puede ser utilizado con fines de monitoreo, atraerlos y eliminarlos mediante trampas o cebos”* (Romero, y otros, 2002, págs. 78 - 79).

También se incluye en este grupo a aquellos controles *“que se los realizan mediante el uso de feromonas (sintéticas) como atrayentes de insectos, combinado con el uso de cebos”* (Suquilanda, 1995, pág. 269).

### **1.2.9 Métodos de Control Mixto**

Este tipo de control *“consolida la interacción de los anteriores métodos. Por ejemplo el uso de trampas de luz (control físico) + feromonas (control etológico) o el uso de un insecticida de origen botánico (control químico) con aceite de cocina (control mecánico)”* (Romero, y otros, 2002).

## **1.3 Aceites esenciales**

*“Forman parte de una gran variedad de materiales vegetales y son mezclas complejas de compuestos orgánicos, que corresponden a diferentes clases químicas (hidrocarburos, ésteres, alcoholes, aldehídos y otros) los cuales contribuyen al aroma y sabor de las plantas”* (Sánchez & Pino Alea, 2009, pág. 1). También se definen como *“una mezcla de*

*componentes volátiles, producto del metabolismo secundario de las plantas que se elaboran en sus partes verdes (con clorofila). Estos aceites esenciales son productos que forman las esencias odoríferas de los vegetales” (Cairo, 2009, Pág. 5).*

Además, los aceites esenciales *“son líquidos aromáticos obtenidos de las diferentes partes de las plantas y que han demostrado...poseer actividad antifúngica, antibacterial e insecticida” (Ramírez, Hipólito Isaza, & Veloza, 2009, Pág. 2).*

Los métodos más comunes usados para la obtención de estos productos, de acuerdo con lo manifestado por (Sánchez & Pino Alea, 2009), son los siguientes:

- Hidrodestilación
- Extracción de fluido supercrítico
- Arrastre con vapor de alta y baja presión,
- Destilación y
- Mecánicos

#### **1.4 Extractos vegetales**

*“Un extracto vegetal no es más que un aceite esencial contenido por las diferentes estructuras vegetales y que se obtiene a través de la ebullición” (Hernández S, Hung G, & Aguilar, 2009).*

#### **1.5 Polvos vegetales**

*“Es un material vegetal [obtenido de los diferentes órganos de la planta] sometido a un proceso de secado en horno, pulverizado, tamizado y guardado en frascos” (González, Pino, & Herrera, 2011).*

## 1.6 Cultivo de maíz (*Zea mays*).

Taxonomía	Reino: Plantae
	Sub Reino: Thacheobionta
	División: Magnoliophyta
	Clase: Liliopsida
	Sub Clase: Commelinidae
	Orden: Poales
	Familia: Poaceae
	Sub Familia: Panicoideae
	Tribu: Maydeae
	Genero: <i>Zea</i>
	Especie: <i>mays</i>

(Valladares, 2010)

### 1.6.1 Origen

*“El origen del maíz se encuentra en sur América, América Central y México siendo la gramínea que más se cultiva en estas regiones. Fue utilizado desde tiempos preincaicos y a la llegada de los españoles su cultivo estaba muy extendido. En el caso del maíz suave seco, se lo consume en un sinnúmero de preparaciones en las cuales se utiliza tanto en seco como en tierno, conocido comúnmente como choclo”* (Suquilanda, 2011, págs. 302-305) (Anexo 1).

### 1.6.2 Estadísticas de producción en el mundo

Según el INEC (2010) *“del 2000 al 2009, en todo el mundo, se produjeron 645’414,836.10 toneladas métricas de maíz, siendo el principal productor mundial Estados Unidos, quien abarca el 43% del total de la producción, seguido por China, que abarca un 21% de la producción. Brasil está en tercer lugar, seguido de México y Argentina”*. Los mismos

autores mencionan que entre los principales países consumidores de este alimento figuran México, China, Indonesia e India.

### **1.6.3 Estadísticas de producción en el Ecuador**

Las cifras que a continuación se presentan dan una panorámica de la producción de este alimento en el Ecuador. *“Para el período 2000 – 2009 en el país, el maíz duro seco se cultivó un total de 288,488.00 hectáreas. De ese total en la costa se cultivó 77.7%, en la sierra 17.08%, principalmente en la provincia de Loja cantones Pindal, Celica y Zapotillo y el Oriente con un 5.22%. La producción fue de 717,940.00 toneladas métricas de las cuales un 85.85% correspondió a la Costa, un 12.12% a la Sierra y al Oriente un 2.03%. Se registró un rendimiento promedio de 2.57 toneladas métricas por hectárea. En cuanto al maíz suave seco se cultivó un total de 98,143.00 hectáreas de las cuales un 0.84% correspondió a la Costa, 98.4% a la Sierra, y el Oriente con un 0.80%. La producción fue de 43,284.00 toneladas métricas de las cuales un 1.32% correspondió a la Costa, un 97.7% a la Sierra y al Oriente un 0.98%. Se registró un rendimiento promedio de 0.54 toneladas métricas por hectárea”* (INEC, 2010).

### **1.6.4 El maíz en el Ecuador. Contexto cultural**

*“El maíz duro y seco se lo utiliza principalmente para uso industrial, justificando su expansión, tanto en superficie cultivada como en producción y rendimiento. Este producto tiene una amplia demanda por parte de la agroindustria, destinada principalmente a la elaboración de alimentos balanceados. Por el contrario el maíz suave destinado al consumo alimenticio familiar, tiende a disminuir tanto en superficie, producción y rendimientos. Esta es una característica de los granos básicos sembrados en la sierra y destinados al consumo interno, que generalmente se encuentran cultivados por pequeños productores en lugares no aptos”* (Suquilanda, 2011, pág. 300).

Se conoce que el maíz suave seco es utilizado en la sierra para la preparación de múltiples alimentos como: pan de maíz (Anexo 2), chicha de jora como bebida tradicional (Anexo 3), mote pelado (Anexo 4), tostado (Anexo 5), entre otros.

“La diversidad genética nativa de este tipo de maíz es amplia pues se menciona la presencia de 17 razas criollas. En las provincias de Carchi, Imbabura y Pichincha se siembran los maíces de tipo amarillo harinoso, en las provincias de Chimborazo, Tungurahua y Bolívar se cultivan de preferencia los blancos harinosos y en Cañar y Azuay los conocidos Zhimas” (INIAP, 2012).

### 1.7 Gorgojo del maíz (*Sitophilus zeamais* Motschulsky)

Taxonomía	Orden: Coleoptera
	Suborden: Polifaga
	Familia: Curculionidae
	Subfamilia: Curculininae
	Género: <i>Sitophilus</i>
	Especie: <i>zeamais</i>
	Nombre científico: <i>Sitophilus zeamais</i>
	Nombre común: Gorgojo del maíz

Borrer *et al.*, 1979 citado por (Torres, 2011)

#### 1.7.1 Morfología

El gorgojo del maíz es un insecto muy familiar para los agricultores cultivadores de maíz por su forma particular y por los daños que provoca este insecto al grano almacenado (ver anexo 6 y 7).

La descripción morfológica del insecto es la siguiente: “Es un coleóptero con cabeza alargada en forma de pico, con aparato bucal masticador con probóscide alargada,

*cuerpo redondeado y exoesqueleto duro y áspero, con tamaños que van desde 1.5 mm hasta 3.5 mm según la especie” (García, Espinoza, & Bergvinson, 2007).*

### **1.7.2 Ciclo Biológico**

*A manera de resumen podemos describir el ciclo de vida de la siguiente manera: “Las hembras pueden poner hasta unos 250 huevos que los deposita dentro del grano a través de un hoyo sellado con saliva. Su desarrollo, consta de cuatro fases: huevo, que eclosionan en 5 a 8 días; que originan a las larvas, de color blanquecino y sin patas las cuales son las que más daño causan al grano pues para alimentarse hacen surcos dentro del endospermo y embrión; nunca viven fuera del grano y mudan unas 4 veces hasta convertirse en ninfas al cabo de tres semanas. Finalmente se convierte en adulto cuando salen fuera del grano. Su ciclo completo de vida dura entre 30 hasta 113 días produciéndose 2 o 3 generaciones por año. Suele hacerse el muerto cuando es molestado” (García, Espinoza, & Bergvinson, 2007).*

### **1.7.3 Comportamiento de la plaga.**

Según García, Espinoza, & Bergvinson (2007) el alimento básico de esta plaga son los cereales, y es el responsable de que los granos disminuyan su calidad y pierdan su valor comercial afectando a la economía de los productores y comerciantes.

Los mismos autores manifiestan que los factores que favorecen al desarrollo de la plaga son humedad y la temperatura. *“En el primer caso, la presencia de agua dentro de los granos almacenados (12 al 13 % de humedad o superiores) favorece el apareamiento de la plaga. Cuando el porcentaje de humedad es inferior al 9 %, se detiene el ataque, aunque este porcentaje es muy difícil de lograr y mantener en campo. En el segundo caso, la temperatura óptima de desarrollo es de 10C° hasta 25C°, a temperaturas inferiores a 10C° y superiores a 35C° la actividad disminuye y cuando la temperatura baja a menos de 5C° y superior a 59C° los insectos mueren” (García, Espinoza, & Bergvinson, 2007). En México se estima que se pierde del 10 a 40 % del maíz almacenado debido a esta plaga (García & Bergvinson, 2007).*

La forma de infestación de la plaga es la siguiente: “*Los adultos que infestaron el ciclo anterior se desplazan a las mazorcas del nuevo ciclo e ingresan a los granos que estén descubiertos o que los pájaros hayan lastimado, para su posterior reingreso hacia el sitio de almacenamiento, produciéndose una fácil reinfección*” (Gallegos & Vásquez, 1994).

### **1.8 Investigaciones en el Ecuador y Latinoamérica para control del gorgojo del maíz *Sitophilus zeamais*.**

En la Estación Experimental Santa Catalina perteneciente al Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias INIAP, se encontró que “*3,500 adultos de la plaga en 100 libras de maíz sin protección, a los dos meses afectó el 5% del total del grano almacenado, a los cuatro meses el 50% y a los 6 meses una afección del 100%. Por ello se realizaron pruebas para determinar la eficacia de uso de ceniza o cal como repelente con una recomendación 1/10 o sea 1 unidad de cal o ceniza por 10 unidades de grano almacenado. En este maíz tratado con cal o ceniza, los 3,500 insectos en 100 libras de grano produjeron únicamente el 3% de daño en un periodo de almacenamiento de 8 meses*” (Gallegos & Vásquez, 1994).

También en Ecuador se han realizado pruebas de control de este insecto con ajeno o Santa María (*Parthenium hysterophorus*) y romero (*Rosmarinus officinalis*) que sirvió como materia prima para aislar el aceite esencial tuyona y, que se usó para la elaboración de comprimidos, los que fueron utilizados en el control de *Sitophilus zeamais* en granos de chulpi. Se logró un control del 100% de la plaga con los comprimidos de 5,000 mg. del aceite esencial (Tapia, 2013).

Este mismo autor cita un trabajo realizado en la Universidad de Concepción de Chile, en donde en condiciones de laboratorio, se realizó una prueba de 23 plantas nativas de la misma región, secas, pulverizadas y aplicadas a maíz en almacenamiento, donde se concluyó que *Chenopodium ambrosioides L* y *Peumus boldus Mol* respondieron con un mejor control sobre la plaga (Tapia, 2013).

## 1.9 Revisión Sistemática

Se mencionan dos conceptos que definen a la revisión sistemática:

*“Se puede definir a las revisiones sistemáticas de la literatura científica como estudios pormenorizados, selectivos y críticos que tratan de analizar e integrar la información esencial de los estudios primarios de investigación sobre un problema específico, en una perspectiva de síntesis unitaria de conjunto. Ya en la práctica las revisiones sistemáticas se aplican a través de un protocolo de búsqueda”* (Guerra, Muñoz, & Santos, 2003, pág. 1).

*“Una revisión sistemática tiene como objetivo reunir toda la evidencia que cumpla con criterios de elegibilidad establecidos previamente a fin de contestar la pregunta específica de investigación y utiliza métodos sistemáticos y explícitos que se eligen con el fin de minimizar sesgos, aportando resultados más fiables, con insumos adecuados para la obtención de conclusiones”* (Centro Cochrane Iberoamericano, 2012).

## 2. MARCO METODOLÓGICO

Para la implementación de la investigación se diseñó un protocolo de Revisión sistemática de la evidencia científica disponible, relacionado con las metodologías de manejo del gorgojo *Sitophilus zeamais* en el maíz almacenado, el mismo que se detalla a continuación:

### 2.1 Estrategias de Búsqueda

A fin de obtener los artículos sobre los métodos de manejo de *Sitophilus zeamais* en maíz almacenado, fueron consultadas tres bases de datos de bibliotecas virtuales:

- Taylor & Francis
- ScienceDirect
- Scielo.

En cada una de estas bases de datos se utilizó las opciones de búsqueda avanzada, ingresando la palabra clave: *Sitophilus zeamais*, correspondiente a nombre científico del gorgojo del maíz y seleccionando la opción “buscar en todos los campos y sin restricción de fechas”. Con esto se obtuvo un número preliminar de artículos identificados en las bases de datos.

### 2.2 Criterios de inclusión y exclusión

A continuación se aplicaron los siguientes criterios de inclusión-exclusión:

- Que las palabras *Sitophilus zeamais* correspondiente al nombre científico del gorgojo del maíz, aparezcan en el título del artículo.
- Que la fecha de publicación de los artículos sean entre los años 2000 al 2013.
- Que estén publicados en inglés, español, o portugués.

- Que estén publicados en revistas científicas (journals).

Aplicando estos criterios de inclusión-exclusión se obtuvo un número parcial de artículos que fueron descargados en formato PDF y ubicados en carpetas a manera de respaldos. Seguidamente se utilizó una matriz, para confirmar la aplicación de los mencionados criterios (Ver Cuadro No 1).

Cuadro No 1. Formato de la matriz para la aplicación de los criterios de inclusión-exclusión de los artículos de la investigación.

Bases de Datos	ScienceDirect	Taylor & Francis	Scielo
<b>Palabras claves</b>	<i>Sitophilus zeamais</i>	<i>Sitophilus zeamais</i>	<i>Sitophilus zeamais</i>
<b>Buscar en todos los campos y sin restricción de fechas</b>			
<b>Nombre científico del gorgojo (<i>Sitophilus zeamais</i>) del maíz, aparezcan en el título del artículo.</b>			
<b>Fecha de publicación de los artículos sean entre los años 2000 al 2013.</b>			
<b>Inglés, español, o portugués.</b>			
<b>Publicados en revistas científicas</b>			

Elaborado por: El autor

Seguidamente se hizo una primera revisión general de los artículos, a fin de excluir aquellos artículos que no cumplían con los siguientes parámetros:

- Ser artículos originales.
- Tener formato IMRAD (introducción, metodología, resultados y discusión por sus siglas en inglés).
- Ser artículos que correspondan estrictamente a control de *Sitophilus zeamais* en maíz almacenado.

Finalmente se obtuvo el número total de cuarenta y tres artículos, los mismos que fueron revisados, leídos y analizados para el levantamiento de datos de la investigación (Ver fig. 2).

## IDENTIFICACIÓN

Estudios hallados en las bases de datos (1262)



Excluidos por duplicidad, por criterio de temporalidad e idioma (1164)



## ELEGIBLES

Artículos para la revisión del resumen (98)



Excluidos por no ser

- Originales.
- IMRAD
- Estrictamente relacionados con el control de *Sitophilus zeamais* en maíz almacenado.

(55)



## FINALES

Artículos para su revisión total y análisis (43)

Fig. 2 Algoritmo del proceso de Revisión Sistemática

Elaborado por: El autor

### 2.3 Análisis de Datos

Cuarenta y tres artículos científicos fueron revisados, leídos y analizados para el levantamiento de datos de la investigación. Con la ayuda de una matriz (en Excel), se obtuvo la información principal y de interés para la presente investigación. Los tipos de datos registrados aparecen en el cuadro No 2:

Cuadro N° 2 Matriz para la recolección de datos de los artículos seleccionados

<b>Código del artículo</b>
<b>Título original del artículo</b>
<b>Traducción del título</b>
<b>Año de publicación</b>
<b>País de publicación del estudio</b>
<b>Idioma de publicación del artículo</b>
<b>Tipo de control</b>
<b>Descripción del experimento (breve reseña)</b>
<b>Base de datos consultadas</b>

Elaborado por: El autor

### 3. RESULTADOS

Una vez analizados los cuarenta y tres artículos sobre los métodos de manejo de *Sitophilus zeamais* en maíz almacenado se obtuvo los siguientes resultados.

#### 3.1 Publicaciones por país

Se analizaron el número de estudios publicados por país, su distribución alrededor del mundo se muestra en el cuadro No 3.

Cuadro No 3. Publicaciones sobre manejo de *Sitophilus zeamais* por país y sus autores.

País	Número de publicaciones	Autores
Brasil	12	(Coelho, Faroni, Berbert, & Martins, 2000; Coitinho, Oliveira, Gondim Junior, & Câmara, 2011; Estrela, Fazolin, Catani, Alécio, & Lima, 2006; Napoleão et al., 2013; Restello, Menegatt, & Mossi, 2009; Ribeiro et al., 2013; Rondelli et al., 2012; Rozado, Faroni, Urruchi, Guedes, & Paes, 2008; Salgado D., D'Antonino Faroni, & Soto G., 2012; Tavares et al., 2013; Fazolin, Estrela, Catani, Alécio, & Lima, 2007, Hamacher, Faroni, Guedes, & Queiróz, 2002)
Etiopía	5	(Bekele, 2002; Kidane & Dawit, 2011; Yuya et al., 2009; Demissie, Tefera, & Tadesse, 2008; Demissie, Teshome, Abakemal, & Tadesse, 2008)
Chile	5	(Betancur R, Silva A, Rodríguez M, Fischer G, & Zapata S.M, 2010; Bustos-Figueroa et

		al., 2009; A. Ortiz U et al., 2012; M. Ortiz U et al., 2012; Bittner et al., 2008;)
Nigeria	4	(Adedire, Akinkurolere, & Obembe, 2011; Ahmed, 2009; Akinneye & Ogungbite, 2013; Asawalam, Emosairue, Ekeleme, & Wokocha, 2007)
Camerún	3	(Tapondjou, Adler, Fontem, Bouda, & Reichmuth, 2005; Tatsadjieu, Yaouba, Nukenine, Ngassoum, & Mbofung, 2010; Bouda, Tapondjou, Fontem, & Gumedzoe, 2001)
Estados Unidos	3	(Ileleji, Maier, & Woloshuk, 2007; Mao & Henderson, 2010; Throne & Eubanks, 2002)
Reino Unido	2	(Gudrups, Floyd, Kling, Bosque-Perez, & Orchard, 2001, Ukeh et al., 2012;)
México	2	(Juárez-Flores, Jasso-Pineda, Aguirre-Rivera, & Jasso-Pineda, 2010; Moreno-Martinez, Jiménez, & Vázquez, 2000)
Ghana	2	(Adarkwah et al., 2012; Obeng-Ofori & Amiteye, 2005)
India	1	(Chakradhar, Narendra, & Nagaraju, 2010)
Colombia	1	(Carlos Augusto, David Lopera, & Mariluz Ceballos, 2008)
Italia	1	(Cosimi, Rossi, Cioni, & Canale, 2009)
Alemania	1	(Kassa, Zimmermann, Stephan, & Vidal, 2002)
Benín	1	(Meikle et al., 2001)

Datos obtenidos de la investigación realizada.

Elaboración: El autor.

Se registró el número de artículos sobre manejo de *Sitophilus zeamais* que han sido publicados por país (ver gráfico1).

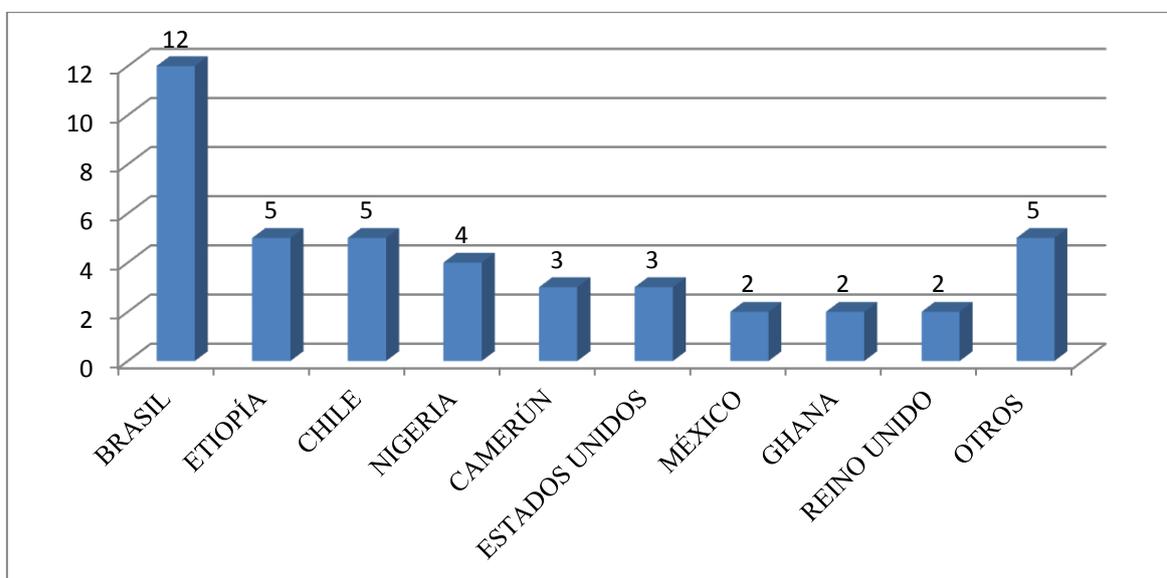


Gráfico 1. Número de publicaciones de estudios de manejo de *Sitophilus zeamais* por países.

Elaboración: El autor

Como se puede observar, Brasil se destaca con el mayor número de publicaciones relacionadas a diferentes métodos de manejo de esta plaga del maíz almacenado. En la categoría otros se colocaron los países que reportan una investigación en cada uno de ellos, así tenemos: Alemania, India, Italia, Colombia y Benín.

### 3.2 Publicaciones por continentes

El gráfico No 2 muestra la distribución de las publicaciones sobre el manejo de la plaga en estudio, expresado en porcentaje, por continentes.

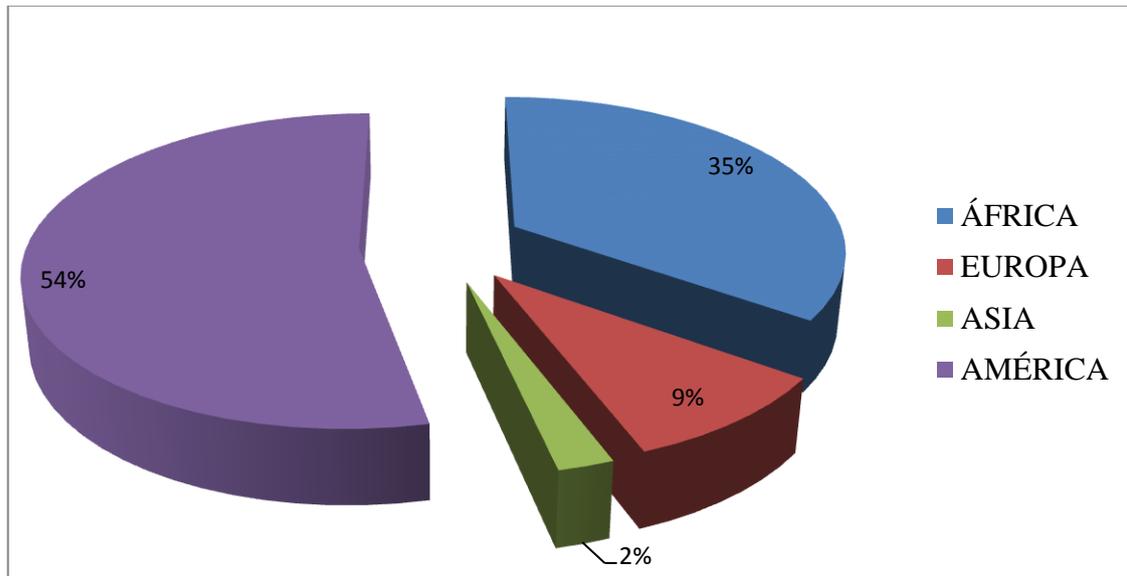


Gráfico 2. Distribución de las publicaciones sobre manejo de *Sitophilus zeamais*, expresado en porcentaje, por continentes.

Elaboración: El autor

Esta información permite inferir la importancia del daño causado por este insecto alrededor del mundo.

### 3.3 Idioma de las publicaciones

En el gráfico No 3 se reporta el idioma de publicación expresado en porcentaje de los artículos sobre manejo de *Sitophilus zeamais*.

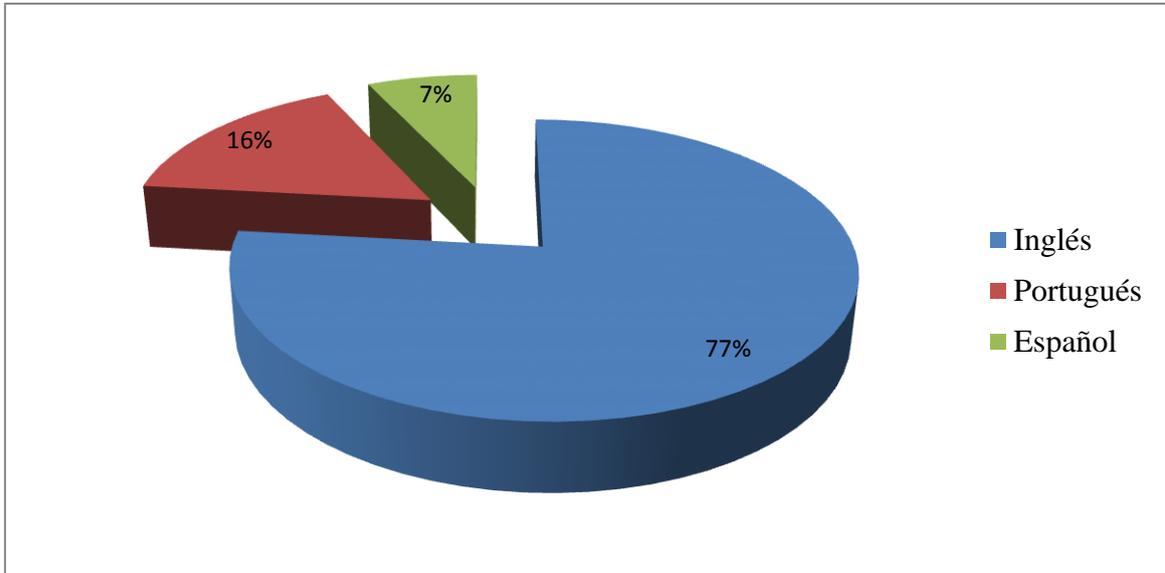


Gráfico 3. Idioma de publicación, expresado en porcentaje, de los estudios analizados en manejo de *Sitophilus zeamais*.

Elaboración: El autor

Es evidente el predominio del idioma inglés, seguido del portugués debido a la participación de los artículos publicados en Brasil y finalmente el español. Estos resultados nos dan la pauta de la necesidad de manejar y dominar el idioma inglés a la hora de recopilar información científica publicada alrededor del mundo.

### 3.4 Tipos de Control de *Sitophilus zeamais* en maíz almacenado

El gráfico No 4 detalla los tipos de control de *Sitophilus zeamais* así como el número de artículos en los que han sido reportados en las bases analizadas en el período 2000-2013.

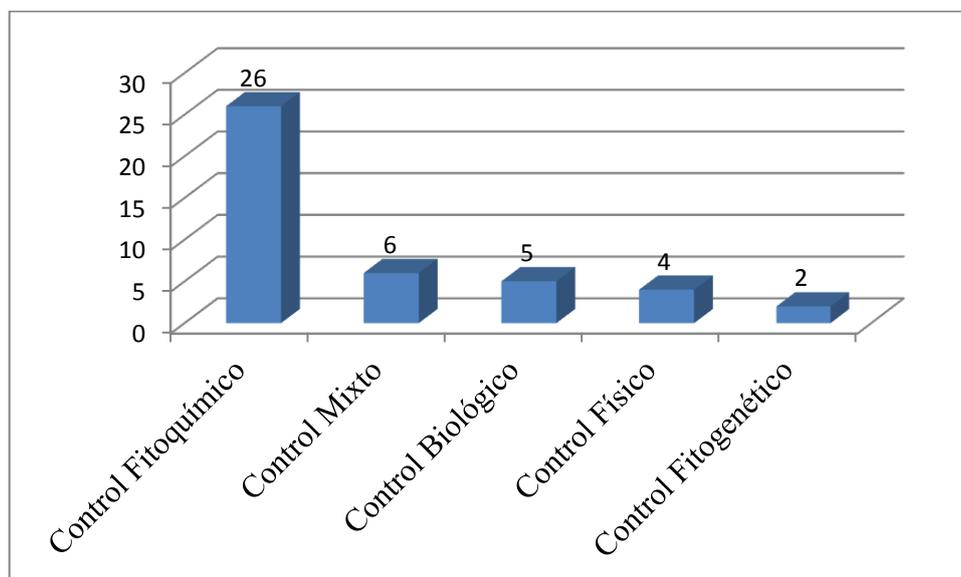


Gráfico 4. Tipos de control de *Sitophilus zeamais* reportados en las publicaciones de las tres bases de datos analizadas en el periodo 2000-2013.

Elaboración: El autor

Como se puede observar en el gráfico N°4 prevalece el control fitoquímico dentro de los métodos reportados en la literatura analizada.

Seguidamente se muestran los diferentes tipos de control encontrados, así como los artículos en los cuales se hace referencia a los mismos. Tratando de evitar omisiones debido a la traducción, se decidió colocar los títulos de los estudios manteniendo el idioma original de publicación.

### 3.4.1 Tratamientos de Control Físico.

Se encontraron un total de cuatro publicaciones referentes a tratamientos de control físico descritos a continuación:

- “Evaluation of different temperature management strategies for suppression of *Sitophilus zeamais* (Motschulsky) in stored maize” (Ileleji, Maier, & Woloshuk, 2007).

El experimento consistió en la evaluación de tres formas de aeración: sin aeración, aeración ambiente y aeración enfriada en contenedores de almacenamiento de maíz. Se cuantificó la mortalidad de *Sitophilus zeamais* en esas condiciones.

- “Effect of *Sitophilus zeamais* and *Aspergillus chevalieri* on the oxygen level in maize stored hermetically” (Moreno-Martinez, Jiménez, & Vázquez, 2000).

En este trabajo se reporta la evaluación del manejo del oxígeno (O<sub>2</sub>) en el maíz almacenado hermética y no herméticamente. Se inoculó *Aspergillus sp.*, se evaluó la presencia de oxígeno (O<sub>2</sub>) y su disponibilidad para el desarrollo de las plagas.

- “Aplicação de ozônio contra *Sitophilus zeamais* e *Tribolium castaneum* em milho armazenado” (Rozado, Faroni, Urruchi, Guedes, & Paes, 2008).

En el artículo se muestran los resultados de la evaluación del efecto del ozono (O<sub>3</sub>) contra *Sitophilus zeamais* y *Tribolium castaneum* aplicado en cajas de maíz almacenado.

- “Efficacy of Silicosec, filter cake and wood ash against the maize weevil, *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae) on three maize genotypes” (Demissie, Tefera, & Tadesse, 2008).

En este artículo se valoraron tres clases de polvos inertes: Silicosec, cachaza y ceniza vegetal en el control de *Sitophilus zeamais*.

### 3.4.2 Tratamientos de Control Mixto.

En cuanto a controles mixtos se encontraron seis artículos que corresponden a la combinación de dos métodos de control.

- “Efficacy of combining Niger seed oil with malathion 5% dust formulation on maize against the maize weevil, *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae)” (Yuya, Tadesse, Azerefegne, & Tefera, 2009).

El experimento consistió en la evaluación de la combinación de un pesticida químico (Malathión 5%) con el aceite de semillas de niger (*Guizotia abyssinica* Cass.).

- “Persistence and activity towards *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) of pirimiphos-methyl sprayed at different temperatures on maize” (Hamacher, Faroni, Guedes, & Queiróz, 2002).

El artículo describió un experimento donde se evaluó la aplicación de pirimifos-metilo 500 CE a diferentes temperaturas (25°C, 30°C, 35°C, 40°C, 45°C y 50°C) con una humedad relativa de 55% en el control de gorgojo de maíz almacenado.

- “Efficacy of mixing vegetable oils with pirimiphos-methyl against the maize weevil, *Sitophilus zeamais* Motschulsky in stored maize” (Obeng-Ofori & Amiteye, 2005).

El artículo detalló la evaluación resultante de la combinación de un pesticida químico methyl pirimifos (insecticida organofosforado) con tres aceites vegetales (de soya, maní y coco).

- “Effectiveness of the mixture carbon dioxide-phosphine in the control of *Sitophilus zeamais* as a function of the exposure period” (Coelho, Faroni, Berbert, & Martins, 2000).

El artículo describió un experimento que modificó la atmósfera para el manejo de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) asociado con tres dosis de fosfina en almacenamiento de maíz para control de *Sitophilus zeamais*.

- “Cooking oils and “Atriplex” in the control of *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae) in farm-stored maize.”(Demissie, Teshome, Abakemal, & Tadesse, 2008).

La investigación detalló el uso de aceites comestibles (noug, soya, girasol, maíz y oliva) y un extracto de planta (*Atriplex sp.*) como fumigante en el control de *Sitophilus zeamais* en maíz almacenado.

- “Insecticidal properties of *Peumus boldus* Molina powder used alone and mixed with lime against *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae)” (Bustos-Figueroa et al., 2009).

En la investigación se probó la obtención de polvos a partir de *Peumus boldus*; solo y mezclado con cal y luego se valoró su efecto repelente y fumigante contra *Sitophilus zeamais*.

En dos artículos anteriormente descritos, se hace mención al uso de aceite vegetal. Es importante señalar que el uso de estos aceites (de cocina) se lo hace con la finalidad de dificultar la movilidad del insecto (control mecánico) y no como fumigante.

### 3.4.3 Tratamientos de Control Biológico

Para Control Biológico se encontraron cinco artículos en los que se usaron como controladores biológicos a cuatro especies de hongos entomopatógenos: *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, *Paecilomyces lilacinus*, *Verticillium lecanii* Zimm; además de un artículo que trata sobre el uso del parasitoide *Lariophagus distinguendus*.

Las siguientes publicaciones dan cuenta de la investigación realizada sobre este tipo de control:

- “The effects of an B21 entomopathogenic fungus, *Beauveria bassiana* Vuillemin, on *Prostephanus truncatus* (Horn), *Sitophilus zeamais* Motschulsk, and grain losses in stored maize in the Benín Republic” (Meikle, Cherry, Holst, Hounna, & Markham, 2001).

En el experimento se evaluaron veinte y uno razas del hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* sobre poblaciones de gorgojo de maíz almacenado en Benín.

- “Susceptibility of *Sitophilus zeamais* (Motsch.) (Coleoptera: Curculionidae) and *Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae) to Entomopathogenic fungi from Ethiopia” (Kassa, Zimmermann, Stephan, & Vidal, 2002).

En el artículo se detalla la investigación realizada donde se evaluaron a tres especies de hongos entomopatógenos: *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* y *Paecilomyces sp.* Los hongos utilizados no fueron foráneos sino se seleccionaron razas nativas de Etiopía que garanticen el control *Sitophilus zeamais* en maíz almacenado en ese país.

- “Potentials of entomopathogenic fungi in controlling the menace of maize weevil *Sitophilus zeamais* Motsch on stored maize grain” (Ahmed, 2009).

El experimento consistió en la evaluación de cepas de *Metarhizium anisopliae* Metchn (V275, V245 y Ma23), *Verticillium lecanii* Zimm (KV71, KV181 y KV183) y *Paecilomyces lilacinus* en granos de maíz inoculados con *Sitophilus zeamais* y posteriormente sellados en un frasco. Se evaluó la mortalidad del insecto.

- “Selection of *Beauveria bassiana* Vuill. isolates for controlling *Sitophilus zeamais* (Mots.) (Coleoptera: Curculionidae)” (Rondelli et al. 2009).

El experimento describió el control ejercido por varias cepas de *Beauveria bassiana* al gorgojo del maíz. Los escarabajos se sumergieron en suspensiones de conidios de cada cepa aislada, durante cinco segundos y luego fueron colocados en recipiente gerbox con granos de maíz. Se evaluó la mortalidad del insecto.

- “Potential of *Lariophagus distinguendus* (Förster) (Hymenoptera: Pteromalidae) to suppress the maize weevil *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae) in bagged and bulk stored maize” (Adarkwah et al., 2012).

El ensayo probó la inoculación de un parasitoide, en este caso una avispa *Lariophagus distinguendus*, en maíz almacenado en saco de yute para control del gorgojo.

#### **3.4.4 Tratamientos de Control Fitogenético**

Fueron dos los artículos que reportan investigaciones realizadas en este tipo de control:

- “A comparison of two methods of assessment of maize varietal resistance to the maize weevil, *Sitophilus zeamais* Motschulsky, and the influence of kernel hardness and size on susceptibility” (Gudrups, Floyd, Kling, Bosque-Perez, & Orchard, 2001).

El experimento consistió en la valoración de 52 variedades de maíz, entre nativas e híbridas, tomando en cuenta la dureza y el tamaño del grano traducido en resistencia contra el ataque de *Sitophilus zeamais*.

- “Resistance of Tripsacorn to *Sitophilus zeamais* and *Oryzaephilus surinamensis*” (Throne & Eubanks, 2002).

En el artículo se evaluó la resistencia de una variedad ancestral denominada tripsacorn, originaria de América central, al ataque de gorgojo de maíz y...

### 3.4.5 Uso de especies vegetales

Los estudios que hicieron referencia al uso de especies vegetales fueron veinte y seis en total. Los mencionamos a continuación:

- “Effect of essential oils from leaves of *Ageratum conyzoides*, *Lantana camara* and *Chromolaena odorata* on the mortality of *Sitophilus zeamais* (Coleoptera, Curculionidae)” (Bouda, Tapondjou, Fontem, & Gumedzoe, 2001).

El artículo reseñó el experimento que consistió en evaluar la mortalidad de *Sitophilus zeamais* que generaron los aceites esenciales de las hojas de *Ageratum conyzoides*, *Lantana camara* y *Chromolaena odorata*. Los aceites esenciales obtenidos de las plantas en estudio se aplicaron a diferentes dosis, directamente a los granos de maíz, por un período de tiempo determinado.

- “Bioactivity and qualitative analysis of some essential oils from Mediterranean plants against stored-product pests: Evaluation of repellency against *Sitophilus zeamais*.” (Cosimi, Rossi, Cioni, & Canale, 2009).

El artículo publicado describió la repelencia que generan los aceites esenciales extraídos de laurel (*Laurus nobilis*), bergamota (*Citrus bergamia*), hinojo (*Foeniculum vulgare*) y lavandín (*Lavandula hybrida*). Los aceites esenciales obtenidos de estas especies se aplicaron a diferentes dosis, directamente a los granos y con papel filtro impregnado, por diferentes períodos de tiempo.

- “*Alligator pepper, Aframomum melegueta, and ginger, Zingiber officinale, reduce stored maize infestation by the maize weevil, Sitophilus zeamais in traditional African granaries.*” (Ukeh et al., 2012;).

El experimento consistió en la evaluación del efecto fumigante de los extractos de *Alligator pepper, Aframomum melegueta y Zingiber officinale* en aplicación directa en maíz almacenado en graneros tradicionales de África.

- “*Annona mucosa* Jacq. (Annonaceae): A promising source of bioactive compounds against *Sitophilus zeamais* Mots. (Coleoptera: Curculionidae” (Ribeiro et al., 2013).

Aquí se valoró el efecto fumigante con extractos de diferentes partes (hojas, ramas y semillas) de *Annona mucosa*. En primera instancia se obtuvieron los principios activos con hexano y diclorometano como agentes de extracción y una posterior aplicación en cajas petri sobre adultos y larvas de gorgojo de maíz.

- “Evaluation of potential use of nootkatone against maize weevil (*Sitophilus zeamais* Motschulsky) and rice weevil [*Sitophilus oryzae* L.] (Coleoptera: Curculionidae)” (Mao & Henderson, 2010).

La investigación tuvo como finalidad la evaluación del efecto fumigante y repelente del extracto nootkatone (5,6 dimethyl -8-isopropenylbicyclo [4.4.0] dec-1-en-3-one) obtenido a partir del ciprés del norte (*Chamaecyparis nootkatensis*) a diferentes concentraciones, aplicado sobre papel filtro o directamente sobre adultos y larvas del gorgojo de maíz y....

- “Bioactivities of cymol and essential oils of *Cupressus sempervirens* and *Eucalyptus saligna* against *Sitophilus zeamais* Motschulsky and *Tribolium confusum* du Val” (Tapondjou, Adler, Fontem, Bouda, & Reichmuth, 2005).

El experimento tuvo como fin la evaluación del efecto fumigante con extractos de ciprés (*Cupressus sempervirens*) y eucalipto (*Eucalyptus saligna*). Los aceites esenciales obtenidos fueron aplicados tanto en papel filtro impregnado como en aplicación directa en los granos de maíz.

- “Comparative study of the simultaneous action of three essential oils on *Aspergillus flavus* and *Sitophilus zeamais* Motsch” (Tatsadjieu, Yaouba, Nukenine, Ngassoum, & Mbofung, 2010).

El trabajo investigativo tuvo como finalidad la cuantificación del efecto fumigante con extractos de *Ocimum gratissimum*, *Lippia rugosa* y *Xylopia aethiopica*. Los tres extractos fueron colocados dentro de botellas llenas de granos de maíz infestados de *Sitophilus zeamais* y ....

- “Deleterious effects of *Myracrodruon urundeuva* leaf extract and lectin on the maize weevil, *Sitophilus zeamais* (Coleoptera)” (Napoleão et al., 2013).

Se evaluó el desempeño del extracto de hojas frescas de *Myracrodruon urundeuva* utilizado como inhibidor de la alimentación en adultos y estados inmaduros de *Sitophilus zeamais* en granos almacenados de maíz.

- “Ar-turmerone from *Curcuma longa* (Zingiberaceae) rhizomes and effects on *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) and *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae)” (Tavares et al., 2013).

El experimento consistió en la evaluación de la Ar-turmerona extraído de la cúrcuma; recolección de tubérculos de cúrcuma, aislamiento de Ar-turmerona y aplicación directa sobre los granos de maíz infestados con *Sitophilus zeamais* y ...

- “Efficacy of cashew kernel extracts in the control of the maize weevil, *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae)” (Adedire, Akinkurolere, & Obembe, 2011).

Aquí se valoraron seis solventes diferentes (metanol, etanol, agua, acetona, éter de petróleo o n-hexano) utilizados para la extracción de los aceites esenciales de anacardo *Anacardium occidentale*. Se evaluó mortalidad, oviposición y la emergencia de F1 de *Sitophilus zeamais*. También se evaluó la persistencia en almacenamiento de la gramínea a largo plazo y la capacidad de absorción del aceite en los granos de maíz tratados.

- “Evaluation of the toxicity potential of *Milletia ferruginea* (Hochest) Baker against *Sitophilus zeamais* (Motsch.)” (Bekele, 2002).

En el ensayo se evaluaron las propiedades repelentes e insecticidas de los aceites esenciales y polvo de semillas de *Milletia ferruginea*.

- “Laboratory evaluation of grain protectant efficacy of different foliar extracts against maize weevil *Sitophilus zeamais* (Motschulsky)” (Chakradhar, Narendra, & Nagaraju, 2010).

Se evaluaron seis extractos de plantas: *Carica papaya* (L.) (Caricaceae), *Coccinia indica* (Cucurbitaceae), *Momordica charantia* (L.) (Cucurbitaceae), *Murraya koenigii* (L.) (Rutaceae), *Eichhornia crassipes* (Solmn.) (Pontedeaceae) and, *Piper betel* (L.) (piperaceae). Se valoró su potencial fumigante, acción protectante y desarrollo de progenie F1 del gorgojo de maíz *Sitophilus zeamais* en maíz almacenado.

- “The potential of orange (*Citrus sinensis* L.) peel oil as a fumigant and repellent to control maize weevil (*Sitophilus zeamais* Motsch)” (Kidane & Dawit, 2011).

El ensayo probó diferentes dosis del aceite esencial obtenido de la corteza de naranja por hidrodestilación y aplicación directa sobre individuos de gorgojo de maíz.

- “Efficacy of *Piper guineense* (Schum & Thonn) seed extract against maize weevil, *Sitophilus zeamais* (Motschulsky) as influenced by different extraction solvents” (Asawalam, Emosairue, Ekeleme, & Wokocha, 2007).

El experimento valoró diferentes solventes (acetona, etanol, n-hexano, éter de petróleo y agua destilada) usados para la extracción del aceite esencial de pimienta negra, usado luego en el control del gorgojo el maíz.

- “Insecticidal activities of some medicinal plants against *Sitophilus zeamais* (Motschulsky) (Coleoptera: Curculionidae) on stored maize” (Akinneye & Ogungbite, 2013).

Se evaluaron los aceites esenciales de *Zanthoxylum zanthoxyloides*, *Aristolochia ringens*, *Garcinia kola*, *Morinda lucida*, *Euphorbia hirta*, *Croton zambesicus*, *Colocasia esculenta*, *Ficus exasperata* y *Tetrapleura tetraptera* en el control de *Sitophilus zeamais*.

- “Bioactivity of tepa (*Laureliopsis philippiana* (looser) shodde) powder to *Sitophilus zeamais* Motschulsky control in laboratory” (A. Ortiz U et al., 2012).

En la investigación se evaluó el efecto fumigante y repelente de polvo de hoja de *Laureliopsis philippiana* contra gorgojo de maíz. Primero se obtuvo el polvo y luego fueron aplicados sobre los granos de maíz y posteriormente sellados en un frasco.

- “Actividad insecticida de extractos de semilla de *Annona muricata* (Anonaceae) sobre *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae)” (Carlos Augusto, David Lopera, & Mariluz Ceballos, 2008).

Se evaluaron tres tipos de solventes: hexano (apolar), acetato de etilo (medianamente polar) y etanol para la obtención del aceite esencial de semillas de guanábana (*Annona muricata*). Aplicación de los extractos obtenidos en ingestión y aplicación tópica al gorgojo del maíz *Sitophilus zeamais*.

- “Insecticidal activity of *Peumus boldus* Molina essential oil against *Sitophilus zeamais* Motschulsky.” (Betancur R, Silva A, Rodríguez M, Fischer G, & Zapata S.M, 2010).

Se evaluó el efecto de control de *Peumus boldus* contra el gorgojo del maíz. Los aceites esenciales obtenidos a partir de hojas frescas de boldo fueron aplicados directamente sobre los granos de maíz infestados.

- “Toxicidade de óleos essenciais de *Piper aduncum* e *Piper hispidinervum* em *Sitophilus zeamais*” (Estrela, Fazolin, Catani, Alécio, & Lima, 2006).

Se evaluaron los aceites esenciales de *Piper aduncum* L. y *Piper hispidinervum* a diferentes dosis. Las valoraciones se efectuaron tomando en cuenta su efectividad por contacto y toxicidad fumigante.

- “Efecto de polvos de Asteráceas sobre el gorgojo del maíz (*Sitophilus zeamais*)” (Juárez-Flores, Jasso-Pineda, Aguirre-Rivera, & Jasso-Pineda, 2010).

Aquí se evaluó el efecto insecticida de ciento sesenta y dos polvos vegetales, provenientes de ochenta y un especies de asteraceas. Los polvos se colocaron junto con granos de maíz, inoculados con parejas de *Sitophilus zeamais* y encerrados en frascos de vidrio.

- “Effects of essential oils from five plant species against the granary weevils *Sitophilus zeamais* and *Acanthoscelides obtectus* (Coleoptera)” (Bittner et al., 2008).

Se evaluaron los aceites esenciales obtenidos de *Gomortega keule*, *Laurelia sempervirens*, *Origanum vulgare*, *Eucalyptus globulus* y *Thymus vulgaris* impregnados en discos de papel filtro. Los parámetros considerados fueron repelencia y mortalidad de *Sitophilus zeamais*.

- “Toxicity of boldo *Peumus boldus* Molina for *Sitophilus zeamais* Motschulsky and *Tribolium castaneum* herbst” (M. Ortiz U et al., 2012).

Aplicación de polvos y extractos líquidos (etilénicos y hexánicos) de *Peumus boldus*. Las variables evaluadas fueron la mortalidad, la emergencia de insectos adultos F1 y la pérdida de peso del grano.

- “Atividade inseticida do óleo essencial de *Tanaecium nocturnum* (Barb. Rodr.) Bur. & K. Shum (Bignoneaceae) sobre *Sitophilus zeamais* Motsch. (Coleoptera: Curculionidae)” (Fazolin, Estrela, Catani, Alécio, & Lima, 2007).

Se evaluó extracto obtenido de *Tanaecium nocturnum*, usando papel filtro impregnado o aplicación directa a los granos de maíz. Las variables estudiadas fueron su acción por contacto y efecto fumigante.

- “Aceite esencial de *Piper crassinervum* para el control de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae)” (Salgado D., D'Antonino Faroni, & Soto G., 2012).

Se evaluó el efecto tóxico y repelente del aceite esencial de *Piper crassinervum* contra *Sitophilus zeamais*, a través de los métodos de contacto aplicando directamente el producto sobre los granos infestados.

- “Toxicidade por fumigação, contato e ingestão de óleos essenciais para *Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1885 (coleoptera: Curculionidae)” (Coitinho, Oliveira, Gondim Junior, & Câmara, 2011).

En el experimento se evaluó la obtención de los aceites esenciales de *Piper Hispidinervum*, *Eugenia uniflora*, *Cinnamomum zeylanicum*, *Piper marginatum*, *Schinus terebinthifolius*, *Melaleuca leucadendron*. Los parámetros usados para su evaluación fueron: toxicidad por contacto, ingestión y fumigación de los aceites esenciales ya mencionados.

- “Efeito do óleo essencial de *Tagetes patula* L. (Asteraceae) sobre *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera, Curculionidae)” (Restello, Menegatt, & Mossi, 2009).

Se evaluó el efecto del aceite esencial de *Tagetes patula* L., en *Sitophilus zeamais*. Primeramente se realizó la caracterización química de los compuestos que se encuentran en el aceite esencial de *Tagetes patula* siendo estos: limoneno (37,05%), terpinoleno (32,61%), piperitona (14,40%), neophitadiene (5,91%), sabineno (2,88%), trans-ocimeno (2,02%), beta-cariphilene (1,98%), farnesol (1,84%), y alfa-pineno (1,30%); posteriormente se valoró el efecto de cada uno de ellos contra el gorgojo del maíz en almacenamiento.

Como se pudo observar, el método de control de *Sitophilus zeamais* que más se ha reportado en los artículos científicos de las tres bases analizadas en el periodo 2000-2013 es el control fitoquímico, el cual está directamente relacionado con el uso de diferentes productos obtenidos de especies vegetales (aceites, polvos vegetales o extractos).

Para ello el procedimiento general que verifica la eficacia de tal o cual especie en el control del gorgojo del maíz es el siguiente:

- Se toman las muestras vegetales crudas (hojas, tallos, semillas, bulbos o rizomas según sea el caso).

- Estas muestras son transformadas en extractos líquidos (que se obtienen a través de la ebullición) o polvos (cuando el material es sometido a un proceso de secado en horno, pulverizado y tamizado).
- Finalmente, para la obtención de aceites esenciales se aplican diferentes procedimientos químicos como la hidrodestilación, extracción de fluido supercrítico, arrastre con vapor de alta y baja presión, destilación y mecánicos (según sea la metodología más adecuada). Estos aceites vegetales son las sustancias que finalmente ejercen efecto de control sobre la plaga. (Sánchez & Pino, 2009).

Los efectos de los fitoquímicos evaluados sobre *Sitophilus zeamais* en maíz almacenado, que han sido reportados en los artículos sometidos a revisión son los siguientes:

- Repelente
- Toxicidad fumigante
- Toxicidad por contacto
- Emergencia de progenie F1
- Inhibidor de la alimentación

En los artículos analizados, se reportaron un total de sesenta y ocho especies vegetales, que pertenecen a veinte y siete familias, con potencial de uso para el control del gorgojo del maíz *Sitophilus zeamais*. Se destacan cinco familias, por el número de especies (Ver gráfico 5).

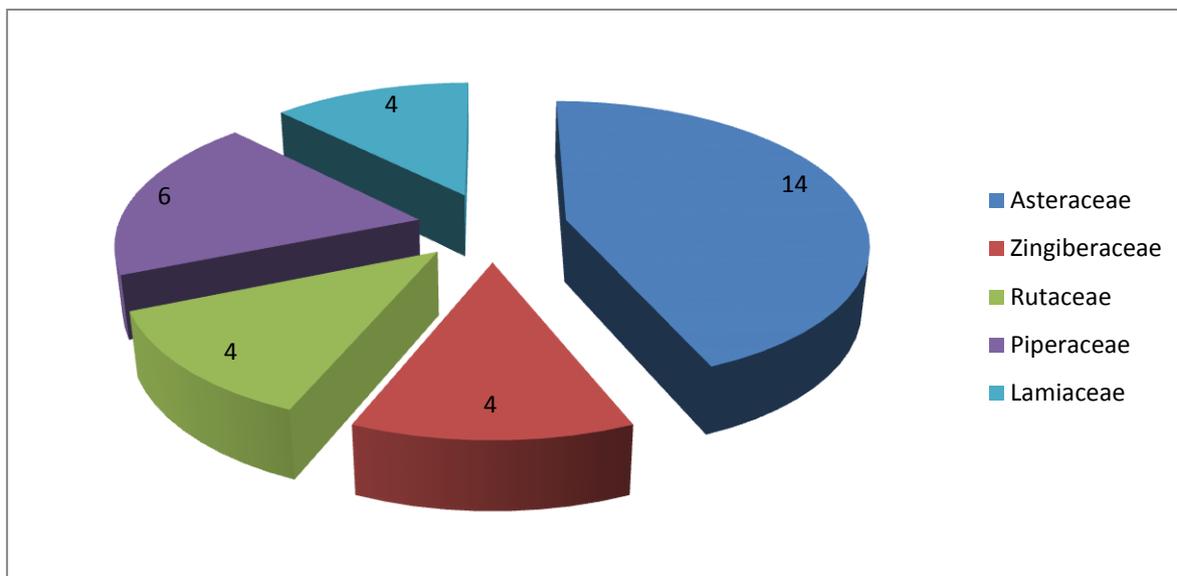


Gráfico 5. Familias con más especies vegetales que reportan algún grado de control sobre *Sitophilus zeamais*.

Datos obtenidos de la investigación realizada.

Elaboración: El autor

A continuación se detalla el total de especies y su familia botánica con potencial control sobre *Sitophilus zeamais* (ver cuadro 4).

Cuadro 4. Familias y especies con potencial de control de gorgojo del maíz *Sitophilus zeamais* en maíz almacenado.

FAMILIAS	NÚMERO	ESPECIES
Anacardaceae	3	<i>Myracrodruon urundeuva</i> , <i>Anacardium occidentale</i> , <i>Schinus terebinthifolius</i>
Annonaceae	2	<i>Anona muricata</i> , <i>Xylopia aethiopica</i>
Apiaceae	1	<i>Foeniculum vulgare</i>
Araceae	1	<i>Colocasia esculenta</i> .
Asteraceae	14	<i>Guizotia abyssinica</i> Cass., <i>Ageratum conyzoides</i> , <i>Chromolaena odorata</i> , <i>Syzygium aromaticum</i> L., <i>Aster subulatus</i> , <i>Chrysactinia mexicana</i> , <i>Heliopsis annua</i> , <i>Hetherotheca inuloides</i> Cass. var. <i>rosei</i> , <i>Parthenium incanum</i> , <i>Stevia serrate</i> , <i>Zinnia peruviana</i> , <i>Dyssodia pentachaeta</i> , <i>Erigeron longipes</i> , <i>Tagetes patula</i> L.
Bignonaceae	1	<i>Tanaecium nocturnum</i> (Barb. Rodr.)
Caricaceae	1	<i>Carica papaya</i>
Celastraceae	1	<i>Tripterygium wilfordii</i> .
Chenopodiaceae	1	<i>Chenopodium ambrosoides</i>
Clusiaceae o Guttiferaceae	1	<i>Garcinia kola</i> .
Cucurbitaceae	1	<i>Momordica charantia</i> L, <i>Coccinia indica</i> .
Cupressaceae	2	<i>Chamaecyparis nootkatensis</i> , <i>Cupressus sempervirens</i>

Euphorbiaceae	2	<i>Euphorbia hirta, Croton zambesicus.</i>
Fabaceae	2	<i>Milletia ferruginea Hochest Baker, Tetrapleura tetráptera</i>
Filantaceae	1	<i>Phyllanthus acidus.</i>
Gomortegaceae	1	<i>Gomortega keule.</i>
Lamiaceae	4	<i>Ocimum gratissimum, Origanum vulgare, Lavandula hybrida, Thymus vulgaris.</i>
Lauraceae	3	<i>Laurus nobilis, Laurelia sempervirens, Cinnamomun zeylanicum.</i>
Myrtaceae	3	<i>Eucaliptus globulus, Eugenia uniflora, Melaleuca leucadendron.</i>
Monimiaceae	3	<i>Laureliopsis philippiana, Peumus boldus, Laurelia sempervirens.</i>
Moraceae	1	<i>Ficus exasperata.</i>
Piperaceae	6	<i>Piper guineense, Piper aduncum L., Piper hispidinervu, Piper marginatun, Piper betel L., Piper crassinervum.</i>
Pontederiaceae	1	<i>Eicchornia crassipes Solmn.</i>
Rubiaceae	1	<i>Morinda lucida.</i>
Rutaceae	4	<i>Citrus bergamia, Murraya koenigii L. Citrus sinensis, Zanthoxylum zanthoxyloides (Lam) Waterm</i>
Verbenaceae	2	<i>Lantana camara, Lippia rugosa.</i>
Zingiberaceae	4	<i>Alligator pepper, Aframomum melegueta, Zingiber officinale, Curcuma longa.</i>

Datos obtenidos de la investigación realizada.

Elaboración: El autor.

#### 4. CONCLUSIONES

- La revisión sistemática resulta una herramienta efectiva para poder analizar, de una manera ordenada, información científica relacionada con temáticas específicas y que hayan sido publicadas a nivel mundial. Constituye junto a las bases de datos de las bibliotecas virtuales un aliado importante de los investigadores.
- La mayoría de estudios sobre manejo y control de *Sitophilus zeamais* fueron publicados en países de Latinoamérica y África lo que permite evidenciar la dispersión que ha logrado esta plaga alrededor del mundo.
- Prevalece el idioma inglés en las publicaciones científicas, dejando incluso de lado idiomas como el alemán o italiano, de países que también hacen estudios, pero que no publican en su idioma materno. El caso de Brasil es interesante ya que aportó a este estudio con doce publicaciones, cuatro de ellas en inglés y las demás en portugués.
- En cuanto a las especies vegetales con potencial insecticida o repelente, cada una de ellas fue analizada en un experimento de contexto y condiciones diferentes, lo cual da la pauta de la necesidad de ser validadas en nuevas investigaciones, especialmente en condiciones de uso locales.
- Varias de las especies evaluadas en las diferentes investigaciones publicadas en los artículos analizados son originarias o su habitad está en lugares tan lejanos como Asia o África, sin embargo también se reportaron especies que si están presentes en el Ecuador y que en caso de querer replicar los estudios estarían disponibles, entre ellas se tiene: *Lantana camara* (tupirosa), *Ruta chalepensis* (ruda), *Cymbopogon sp.* (hierba luisa), *Annona muricata* (guanábana), *Citrus sinensis* (naranja), *Zingiber officinale* (jengibre), *Piper sp.* (pimienta), *Allium sativum L* (ajo), *Eucalyptus globulus* (eucalipto), *Cupressus macrocarpa* (cipres), *Ocimum suave* (Albahaca), *Mentha piperita* (menta), *Origanum vulgare* (orégano), *Chenopodium ambrosoides* (paico), *Anacardium occidentale* (marañón), *Colocasia sculenta* (malanga).

- Es importante mencionar, que en el caso de las especies vegetales con actividad insecticida y/o repelente, éstas fueron evaluadas en su mayoría en condiciones de laboratorio, quedando pendiente su evaluación en condiciones de campo.
- En lo relacionado a controles físicos, en casi todos los experimentos los resultados fueron alentadores con excelentes perspectivas de control.
- En el uso de entomopatógenos, el uso de cepas con más virulencia garantiza el éxito o fracaso del control. Precisamente la identificación de esas cepas virulentas y nativas es una temática de investigación pendiente en el país.
- Para el caso de control fitogenético resultó muy interesante el análisis de las bondades tanto de variedades híbridas como de “ancestrales”, tomando en cuenta el tamaño y la dureza de los granos, lo cual se relaciona directamente con el comportamiento de la plaga estudiada.
- Se evidencia la necesidad de un trabajo multidisciplinario, en donde participen profesionales de la Agronomía, Biotecnología, Química, Biología, Estadística, entre otras, para así abordar de una manera integral la forma de manejar y controlar a esta plaga, que tanto daño hace a los agricultores dedicados a la producción de este importante alimento.
- Es insoslayable la necesidad de cambiar las técnicas de manejo de plagas de la agricultura convencional, arraigadas desde la revolución verde, por un enfoque más agroecológico en el manejo de nuestros recursos; la incorporación de las especies vegetales en el control de las plagas de nuestros cultivos, puede ser una alternativa válida para conseguirlo.

## 5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adarkwah, C., Obeng-Ofori, D., Büttner, C., Reichmuth, C., & Schöller, M. (2012). Potential of *Lariophagus distinguendus* (Förster) (Hymenoptera: Pteromalidae) to suppress the maize weevil *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae) in bagged and bulk stored maize. *Biological Control*, 60(2), 175-181. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocontrol.2011.11.003>
- Adedire, C. O., Akinkulore, R. O., & Obembe, O. M. (2011). Efficacy of cashew kernel extracts in the control of the maize weevil, *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). *Archives Of Phytopathology And Plant Protection*, 45(7), 831-839. doi: 10.1080/03235408.2011.598259
- AGROCALIDAD. (2015). *AGROCALIDAD-Registro de Insumos Agrícolas*. Recuperado el 04 de Marzo de 2015, de <http://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/2015/01/Registro-de-productos-plaguicidas10-01-2015.pdf>
- Ahmed, B. I. (2009). Potentials of entomopathogenic fungi in controlling the menace of maize weevil *Sitophilus zeamais* Motsch (Coleoptera: Curculionidae) on stored maize grain. *Archives Of Phytopathology And Plant Protection*, 43(2), 107-115. doi: 10.1080/03235400701390463
- Akinneye, J. O., & Ogungbire, O. C. (2013). Insecticidal activities of some medicinal plants against *Sitophilus zeamais* (Motschulsky) (Coleoptera: Curculionidae) on stored maize. *Archives Of Phytopathology And Plant Protection*, 46(10), 1206-1213. doi: 10.1080/03235408.2013.763614
- Altieri, M., & Nicholls, C. (2007). Conversión agroecológica de sistemas convencionales de producción: teoría, estrategias y evaluación. *Revista Ecosistemas*, 10.
- Altieri, M., & Nicholls, C. (2000). *Agroecología. Teoría y Práctica para una agricultura sustentable*. México: PNUMA.
- Asawalam, E. F., Emosairue, S. O., Ekeleme, F., & Wokocha, R. (2007). Efficacy of Piper guineense (Schum & Thonn) seed extract against maize weevil, *Sitophilus zeamais* (Motschulsky) as influenced by different extraction solvents. *International Journal of Pest Management*, 53(1), 1-6. doi: 10.1080/09670870600968784
- Bekele, J. (2002). Evaluation of the toxicity potential of *Milletia ferruginea* (Hochest) Baker against *Sitophilus zeamais* (Motsch.). *International Journal of Pest Management*, 48(1), 29-32. doi: 10.1080/09670870110065253
- Betancur R, J., Silva A, G., Rodríguez M, J. C., Fischer G, S., & Zapata S.M, N. (2010). Insecticidal Activity of *Peumus boldus* Molina Essential Oil against *Sitophilus zeamais* Motschulsky. *Chilean journal of agricultural research*, 70, 399-407.
- Bittner, M., Casanueva, M., Arbet, C., Aguilera, M., Hernández, V., & Becerra, J. (2008). Effects of essential oils from five plant species against the granary weevils

*Sitophilus zeamais* and *Acanthoscelides obtectus* (Coleoptera). *Journal of the Chilean Chemical Society*, 1455-1459.

Bouda, H., Taponjoun, L. A., Fontem, D. A., & Gumedzoe, M. Y. D. (2001). Effect of essential oils from leaves of *Ageratum conyzoides*, *Lantana camara* and *Chromolaena odorata* on the mortality of *Sitophilus zeamais* (Coleoptera, Curculionidae). *Journal of Stored Products Research*, 37(2), 103-109. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0022-474X\(00\)00011-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0022-474X(00)00011-4)

Bustos-Figueroa, G., Osses-Ruiz, F., Silva-Aguayo, G., Tapia-Vargas, M., Hepp-Gallo, R., & Rodríguez-Maciel, J. C. (2009). Insecticidal Properties of *Peumus boldus* Molina Powder Used Alone and Mixed with Lime Against *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). *Chilean journal of agricultural research*, 69, 350-355.

CARLOS AUGUSTO, H. L., DAVID LOPERA, A., & MARILUZ CEBALLOS, G. (2008). Actividad insecticida de extractos de semilla de *Annona muricata* (Anonaceae) sobre *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). *Revista Colombiana de Entomología*, 34, 76-82.

Chakradhar, D., Narendra, A., & Nagaraju, K. (2010). Laboratory evaluation of grain protectant efficacy of different foliar extracts against maize weevil – *Sitophilus zeamais* (Motschulsky). *Archives Of Phytopathology And Plant Protection*, 43(18), 1809-1818. doi: 10.1080/03235400902753758

Cairo, M. Á. (2009). Aceite esencial a partir de la corteza del limón (*Citrus Limonium*).

Coelho, E. M., Faroni, L. R. D. A., Berbert, P. A., & Martins, J. H. (2000). Eficácia da mistura dióxido de carbono-fosfina no controle de *Sitophilus zeamais* em função do período de exposição. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 4, 227-234.

Coitinho, R. L. B. d. C., Oliveira, J. V. d., Gondim Junior, M. G. C., & Câmara, C. A. G. d. (2011). Toxicidade por fumigação, contato e ingestão de óleos essenciais para *Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1885 (Coleoptera: Curculionidae). *Ciência e Agrotecnologia*, 35, 172-178.

Cosimi, S., Rossi, E., Cioni, P. L., & Canale, A. (2009). Bioactivity and qualitative analysis of some essential oils from Mediterranean plants against stored-product pests: Evaluation of repellency against *Sitophilus zeamais* Motschulsky, *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens) and *Tenebrio molitor* (L.). *Journal of Stored Products Research*, 45(2), 125-132. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jspr.2008.10.002>

Centro Cochrane Iberoamericano. (2012). *Manual Cochrane de Revisiones Sistemáticas*. Barcelona.

Demissie, G., Tefera, T., & Tadesse, A. (2008). Efficacy of Silicosec, filter cake and wood ash against the maize weevil, *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae) on three maize genotypes. *Journal of Stored Products Research*, 44(3), 227-231. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jspr.2008.01.001>

- Demissie, G., Teshome, A., Abakemal, D., & Tadesse, A. (2008). Cooking oils and “Triplex” in the control of *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae) in farm-stored maize. *Journal of Stored Products Research*, 44(2), 173-178. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jspr.2007.10.002>
- Estrela, J. L. V., Fazolin, M., Catani, V., Alécio, M. R., & Lima, M. S. d. (2006). Toxicidade de óleos essenciais de *Piper aduncum* e *Piper hispidinervum* em *Sitophilus zeamais*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 41, 217-222.
- Fazolin, M., Estrela, J. L. V., Catani, V., Alécio, M. R., & Lima, M. S. d. (2007). Atividade inseticida do óleo essencial de *Tanaecium nocturnum* (Barb. Rodr.) Bur. & K. Shum (Bignoneaceae) sobre *Sitophilus zeamais* Motsch. (Coleoptera: Curculionidae). *Acta Amazonica*, 37, 599-603.
- Gallegos, P., & Vásquez, V. (1994). *Combate del gorgojo del maíz suave en almacenamiento casero mediante el empleo de cal o ceniza*. Quito: Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP).
- García, S., & Bergvinson, D. (2007). Programa integral para reducir pérdidas postcosechas de maíz. *Agricultura Técnica en México*.
- García, S., Espinoza, C., & Bergvinson, D. (2007). *Manual de plagas en granos almacenados y tecnologías alternas para su manejo y control*. México: Unidad de Entomología. Programa global del maíz. Centro internacional del mejoramiento del maíz y trigo Int.
- García Vallejo, M. I. (2005). *Aceites esenciales de las lavandulas ibéricas: ensayo de la quimiotaxonomía*. España: Universidad Complutense de Madrid.
- González, S., Pino, O., & Herrera, R. S. (2011). Potencialidades de los polvos de *Lonchocarpus punctatus* en el control de *Sitophilus zeamais*. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 45(1): 89-94, 2011.
- Gudrups, I., Floyd, S., Kling, J. G., Bosque-Perez, N. A., & Orchard, J. E. (2001). A comparison of two methods of assessment of maize varietal resistance to the maize weevil, *Sitophilus zeamais* Motschulsky, and the influence of kernel hardness and size on susceptibility. *Journal of Stored Products Research*, 37(3), 287-302. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0022-474X\(00\)00031-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0022-474X(00)00031-X)
- Guerra, J., Muñoz, P., & Santos, J. (2003). *Las revisiones sistemáticas, niveles de evidencia y grados de recomendación*. Sevilla: Fisterra.
- Grifón, D. (2012). *Reflexiones sobre los niveles de la Agroecología*.
- Hamacher, L. S., Faroni, L. R. D. A., Guedes, R. N. C., & Queiróz, M. E. L. R. (2002). Persistence and activity towards *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) of pirimiphos-methyl sprayed at different temperatures on maize. *Journal of Stored Products Research*, 38(2), 167-175. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0022-474X\(01\)00014-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0022-474X(01)00014-5)

- Hernández S, E., Hung G, B., & Aguilar, B. (2009). Caracterización del extracto acuoso de *Trichilia hirta* L. *Revista de Ciencias Químicas*, Vol. XVI, N° 2, 2004.
- Ileleji, K. E., Maier, D. E., & Woloshuk, C. P. (2007). Evaluation of different temperature management strategies for suppression of *Sitophilus zeamais* (Motschulsky) in stored maize. *Journal of Stored Products Research*, 43(4), 480-488. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jspr.2007.01.002>
- INEC. (2010). *Ecuador en Cifras*. Quito: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos.
- Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. (2012). *Oferta Tecnológica del Programa Nacional del Maíz*. Quito: Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias.
- Juárez-Flores, B. I., Jasso-Pineda, Y., Aguirre-Rivera, J. R., & Jasso-Pineda, I. (2010). Efecto de polvos de asteráceas sobre el gorgojo del maíz (*Sitophilus zeamais* Motsch). *Polibotánica*, 123-135.
- Kassa, A., Zimmermann, G., Stephan, D., & Vidal, S. (2002). Susceptibility of *Sitophilus zeamais* (Motsch.) (Coleoptera: Curculionidae) and *Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae) to Entomopathogenic Fungi from Ethiopia. *Biocontrol Science and Technology*, 12(6), 727-736. doi: 10.1080/0958315021000039905
- Kidane, & Dawit. (2011). The Potential of Orange (*Citrus sinensis* L.) Peel Oil as a Fumigant and Repellent to Control Maize Weevil (*Sitophilus zeamais* Motsch). *Journal of Biologically Active Products from Nature*, 193-199.
- Mao, L., & Henderson, G. (2010). Evaluation of potential use of nootkatone against maize weevil (*Sitophilus zeamais* Motschulsky) and rice weevil [*S. oryzae* (L.)](Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Stored Products Research*, 46(2), 129-132. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jspr.2010.01.002>
- Meikle, W. G., Cherry, A. J., Holst, N., Hounna, B., & Markham, R. H. (2001). The Effects of an Entomopathogenic Fungus, *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin (Hyphomycetes), on *Prostephanus truncatus* (Horn) (Col.: Bostrichidae), *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Col.: Curculionidae), and Grain Losses in Stored Maize in the Benin Republic. *Journal of Invertebrate Pathology*, 77(3), 198-205. doi: <http://dx.doi.org/10.1006/jipa.2001.5015>
- Moreno-Martinez, E., Jiménez, S., & Vázquez, M. E. (2000). Effect of *Sitophilus zeamais* and *Aspergillus chevalieri* on the oxygen level in maize stored hermetically. *Journal of Stored Products Research*, 36(1), 25-36. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0022-474X\(99\)00023-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0022-474X(99)00023-5)
- Napoleão, T. H., Belmonte, B. d. R., Pontual, E. V., de Albuquerque, L. P., Sá, R. A., Paiva, L. M., . . . Paiva, P. M. G. (2013). Deleterious effects of *Myracrodruon urundeuva* leaf extract and lectin on the maize weevil, *Sitophilus zeamais* (Coleoptera, Curculionidae). *Journal of Stored Products Research*, 54(0), 26-33. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jspr.2013.04.002>

- Nuñez, A. (2000). *Manual de Técnicas Agroecológicas*. México: PNUMA.
- Obeng-Ofori, D., & Amiteye, S. (2005b). Efficacy of mixing vegetable oils with pirimiphos-methyl against the maize weevil, *Sitophilus zeamais* Motschulsky in stored maize. *Journal of Stored Products Research*, 41(1), 57-66. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jspr.2003.11.001>
- Ortiz U, A., Silva A, G., Urbina P, A., Zapata S.M, N., Rodríguez M, J. C., & Lagunes T, A. (2012). Bioactivity of Tepa (*Laureliopsis philippiana* (Looser) Shodde) Powder to *Sitophilus zeamais* Motschulsky Control in Laboratory. *Chilean journal of agricultural research*, 72, 68-73.
- Ortiz U, M., Silva A, G., Tapia V, M., Rodriguez M, J. C., Lagunes T, A., Santillán-Ortega, C., . . . Aguilar-Medel, S. (2012). Toxicity of Boldo *Peumus boldus* Molina for *Sitophilus zeamais* Motschulsky and *Tribolium castaneum* Herbst. *Chilean journal of agricultural research*, 72, 345-349.
- Ramírez, L. S., Hipólito Isaza, J., & Veloza, L. Á. (2009). Actividad antibacteriana de aceites esenciales de *Lippia origanoides* de diferentes orígenes de Colombia. *Ciencia* 17(4), 271-280, 2009.
- Restello, R. M., Menegatt, C., & Mossi, A. J. (2009). Efeito do óleo essencial de *Tagetes patula* L. (Asteraceae) sobre *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera, Curculionidae). *Revista Brasileira de Entomologia*, 53, 304-307.
- Ribeiro, L. d. P., Vendramim, J. D., Bicalho, K. U., Andrade, M. d. S., Fernandes, J. B., Moral, R. d. A., & Demétrio, C. G. B. (2013). *Annona mucosa* Jacq. (Annonaceae): A promising source of bioactive compounds against *Sitophilus zeamais* Mots. (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Stored Products Research*, 55(0), 6-14. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jspr.2013.06.001>
- Rondelli, V. M., de Carvalho, J. R., Pratisoli, D., Polanczyk, R. A., de Alencar, J. R. D. C. C., Zinger, F. D., & Pereira, S. M. A. (2012). Selection of *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. isolates for controlling *Sitophilus zeamais* (Mots.) (Coleoptera: Curculionidae). *Idesia (Arica)*, 30, 97-102.
- Rozado, A. F., Faroni, L. R. A., Urruchi, W. M. I., Guedes, R. N. C., & Paes, J. L. (2008). Aplicação de ozônio contra *Sitophilus zeamais* e *Tribolium castaneum* em milho armazenado. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 12, 282-285.
- Salgado D., N., D'Antonino Faroni, L. R., & Soto G., A. (2012). ACEITE ESENCIAL DE *PIPER CRASSINERVUM* PARA EL CONTROL DE *SITOPHILUS ZEAMIS* (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE). *Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural*, 16, 99-107.
- Sánchez, Y., & Pino Alea, J. A. (2009). Métodos de aislamiento de aceites esenciales en bases especiadas. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*. Vol. 19, No. 3, 2009.
- Silva, G., González, P., Hepp, R., & Casals, P. (2004). Control de *Sitophilus zeamais* Motschulsky con polvos inertes. *Agrociencia*, 529-536.

- Suquilanda, M. (1995). *Agricultura Orgánica*. Quito: FUNDAGRO.
- Suquilanda, M. (2011). *Producción Orgánica de Cultivos Andinos (Manual Técnico)*. Quito: FAO.
- Tapia, O. (2013). *Control Orgánico del Gorgojo del Maíz (Sitophilus zeamais) en semillas almacenadas de chulpi (Zea mays var rugosa) con ajeno "Santa María" (Parthenium hysterophorus) y romero (Rosmarinus officinalis)*. . Quito: Universidad Politécnica Salesiana.
- Tapondjou, A. L., Adler, C., Fontem, D. A., Bouda, H., & Reichmuth, C. (2005). Bioactivities of cymol and essential oils of Cupressus sempervirens and Eucalyptus saligna against Sitophilus zeamais Motschulsky and Tribolium confusum du Val. *Journal of Stored Products Research*, 41(1), 91-102. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jspr.2004.01.004>
- Tatsadjieu, N. L., Yaouba, A., Nukenine, E. N., Ngassoum, M. B., & Mbofung, C. M. F. (2010). Comparative study of the simultaneous action of three essential oils on Aspergillus flavus and Sitophilus zeamais Motsch. *Food Control*, 21(2), 186-190. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodcont.2009.05.004>
- Tavares, W. d. S., de Sousa Freitas, S., Graziotti, G. H., Parente, L. M. L., Lião, L. M., & Zanuncio, J. C. (2013). Ar-turmerone from Curcuma longa (Zingiberaceae) rhizomes and effects on Sitophilus zeamais (Coleoptera: Curculionidae) and Spodoptera frugiperda (Lepidoptera: Noctuidae). *Industrial Crops and Products*, 46(0), 158-164. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.01.023>
- Throne, J. E., & Eubanks, M. W. (2002). Resistance of Tripsacorn to Sitophilus zeamais and Oryzaephilus surinamensis. *Journal of Stored Products Research*, 38(3), 239-245. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0022-474X\(01\)00018-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0022-474X(01)00018-2)
- Torres, A. (2011). *Efectividad de la tierra de Diatomeas en el control de tres plagas de almacén*. Nuevo León: Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Ukeh, D. A., Umoetok, S. B. A., Bowman, A. S., Jennifer Mordue, A., Pickett, J. A., & Birkett, M. A. (2012). Alligator pepper, Aframomum melegueta, and ginger, Zingiber officinale, reduce stored maize infestation by the maize weevil, Sitophilus zeamais in traditional African granaries. *Crop Protection*, 32(0), 99-103. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cropro.2011.10.013>
- Valladares, C. (2010). *Taxonomía y Botánica de los Cultivos de Grano*. La Ceiba: Universidad Autónoma de Honduras.
- Yuya, A. I., Tadesse, A., Azerefege, F., & Tefera, T. (2009). Efficacy of combining Niger seed oil with malathion 5% dust formulation on maize against the maize weevil, Sitophilus zeamais (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Stored Products Research*, 45(1), 67-70. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jspr.2008.09.003>

## ANEXOS

### Anexo 1. El cultivo de maíz



Fotografía: El autor

Anexo 2. Preparaciones a base de maíz en el Ecuador. Pan de maíz.



Fotografía: El autor

Anexo 3. Chicha de jora.



Fotografía: El autor

Anexo 4. Mote pelado.



Fotografía: El autor

Anexo 5. Tostado.



Fotografía: El autor

Anexo 6. El gorgojo del maíz *Sitophilus zeamais*



Fotografía: El autor

Anexo 7. El gorgojo del maíz *Sitophilus zeamais*



Fotografía: El autor