



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN**

**ALMACENAMIENTO HERMÉTICO DE MAÍZ
INFESTADO CON EL BARRENADOR MAYOR DE LOS GRANOS
Prostephanus truncatus (Horn).**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERA AGRÍCOLA

P R E S E N T A:

MAYRA SULEIMA SÁNCHEZ ARRAZOLA

ASESOR: DR. ERNESTO MORENO MARTÍNEZ

CUAUTITLÁN, IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO

2016



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

U. N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLÁN
EXÁMENES PROFESIONALES
ASUNTO: VOTO APROBATORIO

M. en C. JORGE ALFREDO CUÉLLAR ORDAZ
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN
PRESENTE

ATN: M. en A. ISMAEL HERNÁNDEZ MAURICIO
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán.

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos La Tesis:

Almacenamiento hermético de maíz infestado con el barrenador mayor de los granos Prostephanus truncatus (Horn).

Que presenta la pasante: MAYRA SULEIMA SÁNCHEZ ARRAZOLA
Con número de cuenta: 30633156-1 para obtener el Título de: Ingeniera Agrícola

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"
Cuautitlán Izcalli, Méx. a 03 de marzo de 2016.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	Dr. Ernesto Moreno Martínez	
VOCAL	Dr. Alejandro Espinosa Calderón	
SECRETARIO	Dra. Margarita Tadeo Robledo	
1er SUPLENTE	Ing. Arturo Leodegario Ortiz Cornejo	
2do SUPLENTE	Ing. Ángel Cipriano López Cortés	

NOTA: Los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 127).
En caso de que algún miembro del jurado no pueda asistir al examen profesional deberá dar aviso por anticipado al departamento.
(Art 127 REP)

HMA/nbm*

Agradecimientos

A mi Mamá que con su compañía y constante apoyo ha hecho un camino más agradable y satisfactorio.

A mi hermano, tíos, primos y amigos; que con su cariño, confianza y apoyo; me llenan de alegría para seguir adelante.

A mis profesores y a la UNAM por brindarme la oportunidad de expandir mis conocimientos.

Al Dr. Ernesto Moreno Martínez por el apoyo y conocimientos compartidos para la realización de esta tesis; y a su equipo en el UNIGRAS en especial al Sr. Gustavo y a Laurita por su tiempo y apoyo.

Al Prof. Arturo Ortiz Cornejo por su tiempo y valiosas observaciones.

Gracias

Índice general.

I. Introducción.	1
I.1. Objetivos.	2
II. Revisión literaria	3
2.1. El maíz.	3
2.1.1. Importancia económica.	4
2.1.3. Ubicación taxonómica.	5
2.1.4. Descripción botánica del grano.	5
2.1.5. Principales plagas poscosecha.	6
2.2. El gorgojo barrenador de los granos, <i>Prostephanus truncatus</i> (Horn).	7
2.2.2. Origen y distribución.	7
2.2.3. Ubicación taxonómica.	9
2.2.4. Descripción morfológica.	9
2.2.5. Biología y hábitos hospederos.	10
2.3. Almacenamiento hermético.	12
2.3.1. Importancia del almacenamiento hermético en la agricultura.	12
2.3.3. Modo de acción.	13
2.3.4. Tipos de almacenes herméticos.	15
III. Materiales y Métodos.	16
3.1. Ubicación del experimento.	16
3.2. Material biológico.	16
3.3. Unidades experimentales.	17
3.4. Diseño experimental.	23
IV. Resultados y Discusión.	24
4.1. Porcentaje de mortalidad de <i>Prostephanus truncatus</i> (Horn).	24
4.3. Porcentaje de dióxido de carbono.	28
4.4. Porcentaje de emergencia de <i>Prostephanus truncatus</i> (Horn).	29
4.6. Análisis de asociación entre las variables	31
V. Conclusiones.	32

I. Introducción.

El maíz es fuente de alimento en México, forma parte de su historia, de su cultura y tradiciones; este cultivo ocupa un poco más de un tercio del territorio mexicano. En la actualidad la demanda nacional de maíz se encuentra en aumento mientras que el volumen de producción en el país no llega a satisfacer la demanda nacional; en zonas tropicales y templadas las pérdidas poscosecha de granos llega a ser hasta de un 25 % de la producción obtenida (Valdés, 2000); las pérdidas poscosecha se deben principalmente al ataque de insectos en los granos; en México se encuentra una de las principales plagas de almacén, es reconocida mundialmente por la voracidad que presenta sobre los granos almacenados y otros productos agrícolas; es nombrada comúnmente como “El barrenador mayor de los granos”, la presencia de este insecto puede implicar grandes pérdidas.

El control de plagas es una actividad que el hombre ha practicado a lo largo del tiempo, por la necesidad de mantener a los alimentos libres del ataque de especies invasoras. El almacenamiento hermético fue un sistema utilizado por antiguas civilizaciones para la conservación de granos y otros productos; el principio de este sistema consiste en la creación de una atmósfera letal dentro de un contenedor hermético, a través del agotamiento de oxígeno y el incremento de dióxido de carbono; provocando así la muerte de los insectos y evitando el desarrollo de hongos, en la actualidad se ha conservado su principio para controlar la invasión de plagas en granos.

En este trabajo de investigación se realizaron pruebas bajo un sistema de almacenamiento hermético a diferentes contenidos de humedad en granos de maíz y a diferentes periodos de almacenamiento para determinar el efecto que tienen estas variables en el control del barrenador mayor de los granos (*P. truncatus*).

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo general.

Determinar el efecto del almacenamiento hermético de grano de maíz a cuatro niveles de contenido de humedad (9, 11, 13 y 14 %) para el control de *Prostephanus truncatus* en cinco periodos de almacenamiento a 25° C.

1.1.2. Objetivos particulares.

- Estudiar el efecto de diferentes contenidos de humedad en maíz almacenado herméticamente sobre los niveles de oxígeno en diferentes periodos de almacenamiento.
- Determinar el efecto de diferentes contenidos de humedad en maíz almacenado herméticamente en la mortalidad y emergencia del insecto, en diferentes periodos de almacenamiento.
- Determinar el daño por *P. truncatus* en los granos de maíz a diferentes contenidos de humedad y periodos de almacenamiento hermético.

1.2 Hipótesis.

El control de *Prostephanus truncatus* dentro del almacenamiento hermético se ve afectado por la temperatura, el contenido de humedad en el grano y el tiempo de almacenamiento.

II. Revisión literaria.

2.1 El maíz.

2.1.1. Importancia económica.

El maíz es de origen mesoamericano, fue base en la alimentación de las civilizaciones prehispánicas y en la actualidad es uno de los cereales que alimenta al mundo; es considerado el segundo cultivo de importancia mundial después del trigo (Kato et al., 2009; Paliwai et al., 2001). El maíz es utilizado para la alimentación humana y animal, en la industria alimentaria, farmacéutica y para la elaboración de combustibles alternativos (Paliwai et al., 2001).

México es el cuarto productor de maíz en el mundo; un 33% de la superficie sembrada en todo el país se encuentra bajo el cultivo de maíz, el cual aporta un 18% del valor de producción dentro del sector agrícola (Juárez y Ford, 2010; FND, 2014; SIAP, 2015; FAO, 1993). El maíz bajo temporal ocupa el 74% de la superficie sembrada y aporta un 40% del valor total de la producción mientras que el 60% es generado por las superficies bajo riego; el volumen de producción de acuerdo al SIAP (2015; FIRA, 2015) es de 24.95 millones de toneladas las cuales son insuficientes para cubrir la demanda nacional de 35.6 millones de toneladas convirtiendo a nuestro país en el segundo importador de maíz a nivel mundial (FND, 2014; FIRA, 2015).

En México se llega a perder hasta un 25% de la producción total de maíz, trigo y frijol, principalmente en zonas tropicales y templadas, según Valdés (2000) esto se debe a que se presentan las condiciones propicias para el desarrollo de plagas. Las plagas es uno de los factores principales que afectan las pérdidas durante la producción y el almacenamiento de maíz (Pingali y Pandey, 2001, citado por García-Lara y Bergvinson, 2007).

2.1.1 Origen e historia.

Maíz significa «lo que sustenta la vida», al paso del tiempo se ha convertido en un icono de la agricultura y de las culturas precolombinas. La historia de este cultivo inicio hace aproximadamente 10,000 años en México dentro del área mesoamericana (Paliwai et al., 2001; Kato et al., 2009), de acuerdo con Ascherson (citado por Kato et al., 2009) el teocintle; una pasto silvestre de mazorcas (espigas femeninas) pequeñas y con pocos granos, es el ancestro del maíz, que mediante la selección dirigida por los grupos nómadas de aquella época permitieron la domesticación y la distribución geográfica de las diferentes razas de maíz en el país, generando una amplia variación genética de las que se han identificado 59 razas de maíz dentro del territorio mexicano, por lo que México es considerado como «Centro de origen» del maíz (Sánchez et al., 2000; Kato et al., 2009).

El maíz a través de su historia antropocéntrica ha formado parte de la cosmovisión y vida de los pueblos indígenas en México (Figura 1 y 2); el cultivo del maíz tenía una vital importancia en el ritmo de vida de los aztecas, desde ceremonias religiosas, el alimento, el trabajo, las artes y hasta en la guerra (BML, 2007; Soustelle, 1998).

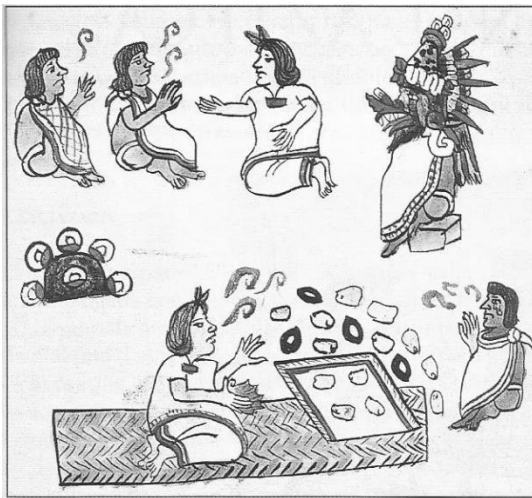


Figura 1. Lectura del destino a través de los granos de maíz (Imagen de López, 2004).



Figura 2. Cultivo de maíz por azteca (Imagen del Códice Florentino).

2.1.2 Ubicación taxonómica.

El maíz es una planta herbácea que pertenece a la familia *Poaceae*, corresponde al género *Zea*; este género contiene a una sola especie *Zea mays* L. (Cuadro 1); la subespecie *Zea mays* L. ssp. *mays* es la única subespecie de su género cultivada (Kato et al., 2001; Paliwai et al., 2001).

Cuadro 1. *Clasificación Taxonómica del Cultivo del maíz (Zea mays L. ssp. Mays).*

Familia:	Poaceae
Subfamilia:	Panicoideae
Tribu:	Maydeae
Género:	<i>Zea</i>
Especie:	<i>Zea mays</i> L.
Subespecie	<i>Zea mays</i> L. ssp. <i>Mays</i>

Elaboración propia con información de Kato et al., 2001 y Paliwai et al., 2001.

2.1.3 Descripción botánica del grano.

A los granos de maíz se les nombra botánicamente fruto o cariósipide, están constituidos por una cubierta denominada pericarpio la cual esta fundida con la testa o cubierta del grano, la cual protege al endospermo que es el encargado de contener las reservas alimenticias del grano, el embrión se encuentra dentro del endospermo (Kato et al., 2001; Paliwai et al., 2001). Este órgano guarda en su estructura las reservas necesarias para generar una nueva plántula que pueda establecerse como un organismo autótrofo (Azcón- Bieto y Talón, 2000).

La composición química de los granos de maíz es una de las razones por las que su consumo se ha vuelto importante (Cuadro 2); pues ya que sus granos son ricos en carbohidratos; formando parte de un 70% de su compuesto de reserva y el resto está compuesto de agua, proteína, lípidos y cenizas (Ortiz, 2012; Paliwai et al., 2001).

Cuadro 2. Composición química del grano de maíz.

Contenido		Cantidad (%)
Agua		13.8
Proteína		8.9
Lípidos		3.9
Carbohidratos	Total	72.2
	Fibra	2
Cenizas		1.2

Elaboración propia con información de Paliwai et al., 2001 y Ortiz, 2012.

2.1.4 Principales plagas poscosecha.

En México las principales plagas poscosecha son los insectos (García-Lara y Bergvinson, 2007), las cuales se dividen en dos categorías:

- Plagas primarias: el gorgojo de maíz (*Sitophilus zeamais*), el barrenador grande del grano (*Prostephanus truncatus*), la palomilla dorada de maíz, (*Sitotroga cerealella*) y el barrenador menor de los granos (*Rhyzopertha dominica*) (Figura 3).
- Plagas secundarias: *Plodia interpunctella*, *Tribolium castaneum*, entre otras (Savidan y Bergvinson, 2000, citado por García-Lara y Bergvinson, 2007; Ortiz, 2012).

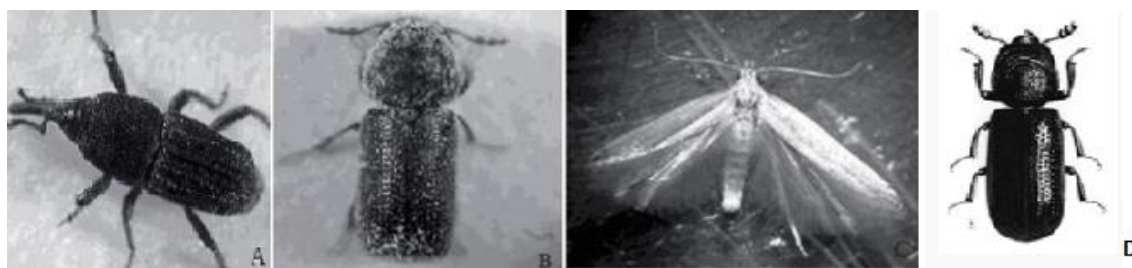


Figura 3. Plagas principales en México. A) El gorgojo de maíz (*Sitophilus zeamais*), B) El barrenador grande del grano (*Prostephanus truncatus*), C) La palomilla dorada de maíz (*Sitotroga cerealella*) y D) El barrenador menor de los granos (*Rhyzopertha dominica*), (Imágenes de García-Lara y Bergvinson, 2007; y de Invasive Species Compendium, 2014).

2.2 El gorgojo barrenador de los granos, *Prostephanus truncatus* (Horn).

2.2.1 Importancia.

El insecto conocido como *Prostephanus truncatus* (Horn) fue descrito en 1878 por G. H. Horn, es considerado como una “especie agresiva” para los productos almacenados; principalmente en semillas y granos (Torres, 1999; Invasive Species Compendium, 2015), provocando el daño a dos niveles:

Primer nivel: consiste en la destrucción y el consumo de los granos, ocasionado por las larvas e insectos adultos, seguido de la contaminación con excremento y cadáveres.

Segundo nivel: o contaminación secundaria que es provocada por las reacciones químicas y enzimáticas desarrolladas por el daño en el grano, provocando el crecimiento de hongos, desarrollo de actinomicetos y el desarrollo de microorganismos termofílicos, ocasionando un daño total sobre los granos o semillas (Torres, 1999; Ortiz, 2012).

Estos niveles de daño imposibilitan el consumo del grano. Al insecto *P. truncatus* se le conoce comúnmente como el *barrenador mayor de los granos*, considerada como una plaga primaria, su presencia es de alta importancia dentro de México, Centroamérica y en el Continente africano (Torres, 1999).

2.2.2 Origen y distribución.

El insecto *P. truncatus* es originario del área mesoamericana, en un principio era una especie barrenadora de los árboles talados y madera en descomposición, pero se fue adaptando a los cereales y otros productos almacenados. La distribución actual abarca desde el sur de Estados Unidos, California, Texas, Florida, la presencia en casi todo México, pasando después por Centroamérica (Figura 4); también se encuentra presente en algunos países africanos como Tanzania, Benín, Ghana, y la nación de Togo (Ramírez-Moreno, 1991; Torres, 1999; Invasive Species Compendium, 2015).



Figura 4. Distribución de *P. truncatus* (Horn) en el continente americano (Ramírez-Moreno, 1991).

2.2.3 Ubicación taxonómica.

El barrenador mayor de los granos fue descrito por primera vez en 1878 por G. H. Horn, pero no fue hasta que Lesne (1897, citado por Torres, 1999) lo clasificó en el género *Prostephanus* (Cuadro 3).

Cuadro 3. Clasificación Taxonómica de *Prostephanus truncatus* (Horn).

Dominio:	Eukaryota
Reino:	Metazoa
Phylum:	Arthropoda
Subphylum:	Uniramia
Clase:	Insecta.
Orden:	Coleoptera
Familia:	Bostrichidae
Genero:	Prostephanus
Especie:	Prostephanus truncatus.

Elaboración propia con información de Invasive Species Compendium (2015).

2.2.4 Descripción morfológica.

P. truncatus es un coleóptero perteneciente a la familia de los Bostrichidae, el insecto adulto es reconocido por su cuerpo cilíndrico y alargado que puede medir de 3 a 4 mm, es de color café rojizo a café oscuro, el cuerpo tiene una terminación característica de encuadrado o truncado; las antenas son rectas con una terminación de tres segmentos que se diferencian por ser grandes y abultados, una de las características distintivas de *P. truncatus* es que el pronotum le cubre la cabeza mostrándose inclinada hacia abajo (Figura 5 y 6), su estructura anatómica favorece a mantener una voracidad en los granos y productos que ataca (Torres, 1991; Ramírez y Moreno, 1991; Invasive Species Compendium, 2015).

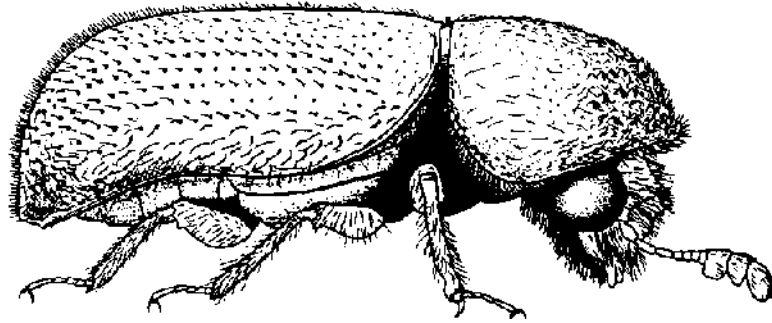


Figura 5. *Prostephanus truncatus* en vista lateral (Insectos que dañan granos almacenados, FAO, 1985).

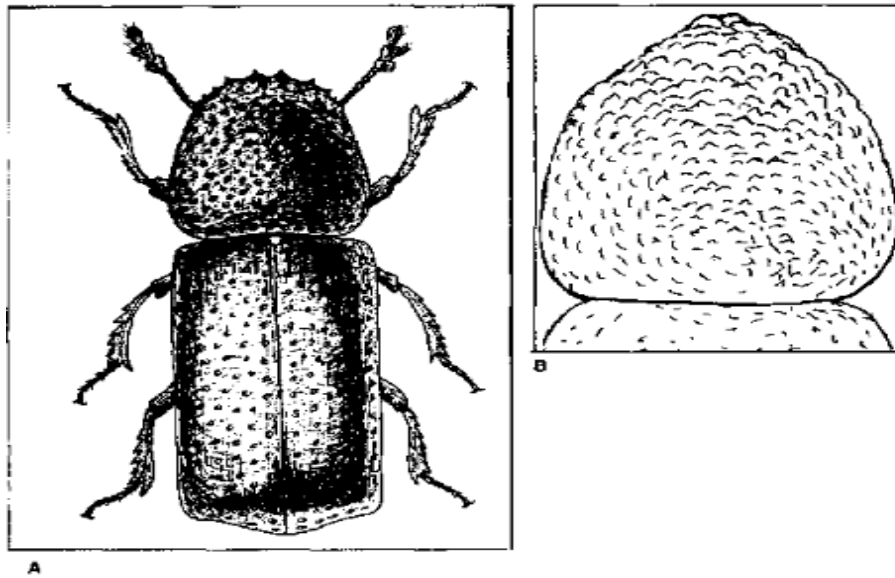


Figura 6. Barrenador mayor de los granos, *Prostephanus truncatus* (Horn). A, Adulto vista dorsal; B, forma del protórax y de las protuberancias o crestas de *P. truncatus*. (Insectos que dañan granos almacenados, FAO, 1985).

2.2.5 Biología, hábitos y hospederos.

El barrenador comienza su alimentación dentro de los campos de maíz, alimentándose de las mazorcas (Figura 7) previas a ser cosechadas (Torres, 1991; García-Lara et al., 2007), una vez cosechado el maíz (Figura 8) continúa con la infestación en los almacenes; según García-Lara et al. (2007), en infestaciones muy severas el insecto llega a dañar las estructuras de madera en los almacenes, migrando a otros cultivos o almacenes (Moreno y Ramírez, 1991; García-Lara et al., 2007).



Figura 7. Mazorca tras el ataque de *P. truncatus*, (Imagen extraída de Manual de plagas en granos almacenados y tecnologías alternas para su manejo y



Figura 8. Granos de maíz atacados por *P. truncatus*, de las Unidades experimentales del presente experimento, la mayoría presentan un orificio dentro del endospermo.

El ciclo de vida del insecto varía de acuerdo a las condiciones atmosféricas en las que se encuentre, de acuerdo con Ramírez y Moreno (1991) las hembras pueden acortar a 10 días el desovar con una temperatura de 32° C y una humedad relativa (H.R.) de 90 %, mientras que a una baja H.R. de 40% y con una temperatura de 22°C la hembra ponía sus huevecillos hasta los 95 días; sin embargo, la mortalidad era mayor a H.R. de 90%. El ciclo de vida del barrenador se desarrolla mejor cuando se encuentra en temperaturas de 22° a 35° C y H.R. de 50 a 80 %, presentando un ciclo biológico de 27 días, inclusive se menciona que sobreviven a 9% de humedad (Ramírez y Moreno, 1991).

2.3 Almacenamiento hermético.

El almacenamiento hermético es un sistema que evita el contacto directo de los productos almacenados con las condiciones ambientales externas; como el aire y la humedad, buscando una atmosfera interna con un contenido reducido de oxígeno, que evite la proliferación de insectos y microorganismos que pongan en riesgo la calidad del grano almacenado (Castillo, 1980; Ives, 1951; Moreno y Ramírez, 1991).

2.3.1 Historia.

El almacenamiento hermético es una práctica antigua, utilizada por diversas civilizaciones a través del tiempo para resguardar las reservas alimenticias de las temporadas difíciles y de las especies invasoras. Se han encontrado vestigios de silos subterráneos correspondientes al periodo pre-neolítico (hace 9000 a.C.) cuya estructura en forma de botella y entrada con cuello angosto denota las características de un silo clásico diseñado para el almacenamiento hermético (Figura 8 y 9); en el mediterráneo también se contaba con grandes jarras utilizadas para el almacenamiento de granos, este sistema fue utilizado en Francia y lugares de la Gran Bretaña desde la edad de hierro hasta la edad media en donde se fue descontinuando su uso; sin embargo, en algunos lugares se seguía implementando (Sigaut, 1980).

En México se reporta el almacenamiento de granos de maíz desde épocas precolombinas bajo algunos principios herméticos, Hernández (1985) clasificó distintos periodos sobre el desarrollo del almacenamiento de maíz en el territorio mexicano, en lo que denomina período arqueológico (500-1100 d.C.) destaca la presencia de graneros subterráneos y estructuras de enjarrado; principalmente en la zona norte del país, y el uso de vasijas de barro por los Teotihuacanos; dentro del periodo precortesiano (1100 a 1519 d.C.) se menciona que los Aztecas utilizaban vasijas cerradas hechas de barro para la conservación de los granos con ofrendas para sus muertos.

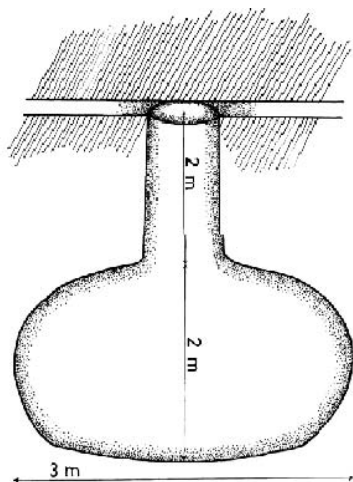


Figura 9. Imagen que muestra la forma de los silos subterráneos encontrados en medio oriente, pueden contener hasta 6 ton de frijoles (Imagen de Kammel, 1980).

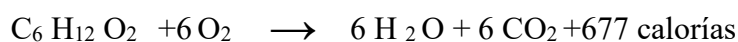


Figura 10. Imagen de la entrada de un silo subterráneo. (Foto de la F.A.O de 1959, en Shejbal, 1980)

En el siglo XVI en Europa se empezó a difundir la idea del hermetismo como un factor determinante en la preservación de los granos; se empezaron a realizar investigaciones, de las cuales las investigaciones actuales tienen origen en los experimentos realizados por Dendy y Elkington (1918, citado por Guzmán, 2005), quienes confirmaron que la pérdida de oxígeno dentro de un recipiente hermético, es el factor decisivo para la muerte de los insectos (Guzmán, 2005; Sigaut, 1980).

2.3.2 Modo de acción.

En un almacén hermético, el oxígeno del aire empieza a ser agotado por la respiración de los granos e insectos, lo que conlleva a tener una atmosfera sin oxígeno provocando la muerte de los insectos (Warham, 1986). La atmosfera generada dentro del contenedor hermético, se explica mediante el proceso de respiración aeróbica, el cual es realizado por los organismos vivos como son los insectos y granos almacenados, en donde las hexosas dentro del grano se oxidan, de esta manera liberan bióxido de carbono, agua y energía calorífica al ambiente, esto se expresa bajo la siguiente ecuación:



El contenido de humedad (CH) dentro del grano determina la velocidad con la que respire, de acuerdo con Ortiz (2012) las humedades altas aceleran el proceso de respiración en el grano incrementando su temperatura y humedad, factores ventajosos para el desarrollo de una contaminación secundaria por hongos, a su vez promoviendo un aceleramiento en la pérdida de vida y calidad del grano. Así mismo la velocidad de respiración está relacionada con la disponibilidad de oxígeno, los niveles bajos de oxígeno favorecen la conservación de los granos, pues reduce la velocidad de respiración (Ortiz, 2012; Sigaut, 1980; Ramírez y Moreno, 1991).

Los granos deben presentar condiciones favorables de temperatura y humedad para su conservación, la humedad del maíz debe ser de 13% máxima para una temperatura de 25 ° (Ortiz, 2012), pues si se incrementa el CH se promueve el deterioro de los granos en el almacén favoreciendo el ataque de insectos y hongos; razón por la que algunos silos herméticos se encuentra en lugares fríos o bajo una sombra para mantener temperaturas internas bajas (FAO/SAGARPA, 2007).

En la actualidad el sistema de almacenamiento hermético consiste en la conservación de granos aislándolos de las condiciones externas mediante barreras físicas, generando a su vez una atmosfera inerte mediante la respiración de los granos e insectos que agotan la cantidad de oxígeno existente produciendo dióxido de carbono; los niveles de oxígeno inferiores a 5% mantienen a los granos en buen estado, de acuerdo con Burrell (1968, citado por Castillo, 1980) la reducción de las concentraciones de O₂ a 4% provocan la muerte de los insectos inmaduros y los insectos adultos mueren al terminar su ciclo de vida.

2.3.3 Tipos de almacenes herméticos.

En México existen principalmente dos tipos de almacenes herméticos:

1. Sacos de plástico

Este es utilizado en el trópico húmedo y seco, este sistema exige que el grano tenga un contenido de humedad inferior a 9%, dentro de las desventajas que presenta es que puede sufrir accidentes por roedores, alguna piedra en el terreno u otro factor, además cuando se está expuesto al sol, el desgaste del plástico es más rápido (Figura 10.A) (FAO/SAGARPA, 2007).

2. Silo metálico.

Este tipo de silo está construido con lámina galvanizada, presenta una forma cilíndrica, es utilizado principalmente para zonas con temperaturas bajas, su estructura de lámina hace que sea más resistente al ataque de roedores e insectos (Figura 10.B) (FAO/SAGARPA, 2007).



Figura 11. a) Almacenamiento de granos en sacos de plástico multilaminado, se extrae el aire dentro del saco y se asegura su hermetismo mediante el amarrado de la bolsa; b) Silo hermético de metal (Imágenes de Grain Pro Inc., y del laboratorio de UNIGRAS, FES-Cuautitlán.).

III. Materiales y métodos.

3.1 Ubicación del experimento.

El trabajo experimental se realizó en los laboratorios de la Unidad de Investigación en Granos y Semillas (UNIGRAS), ubicada en el Centro de Asimilación Tecnológica (CAT) y Vinculación (Campo 3) de la FES-Cuautitlán.

3.2 Material biológico.

Se utilizó grano de maíz blanco variedad SB-308 comercial con una humedad inicial de 12.7% de humedad. La determinación de humedad se realizó mediante dos métodos:

1. El método indirecto: Con un determinador de humedad eléctrico, Motomco modelo 919 (Figura 12.A).
2. El método directo: Mediante *el método de la estufa* en donde se tomaron dos muestras de 10 g por cada unidad experimental (UE) y se llevaron a secado dentro de una estufa de aire forzado a 103° C por 72 h (USDA, 1976) (Figura 12.B).

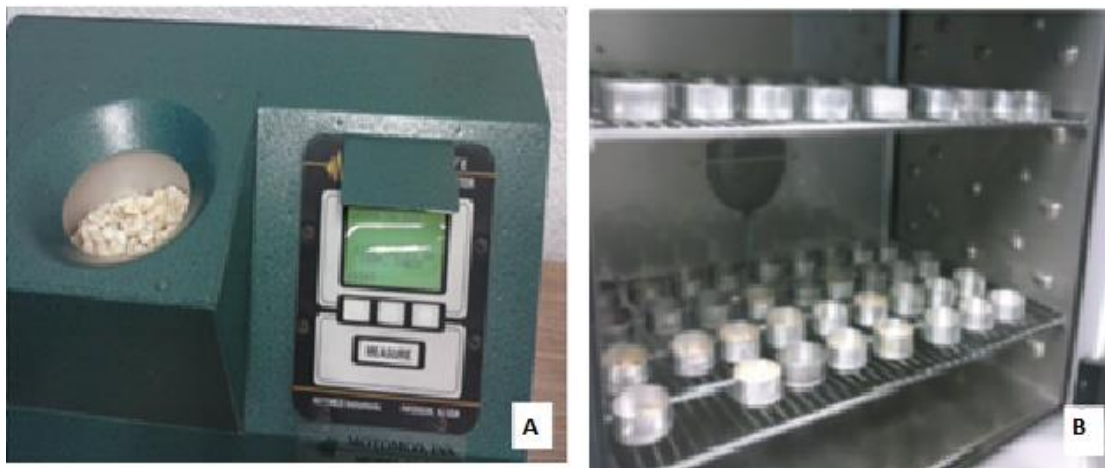


Figura 12. Determinación de contenido de humedad: A) Método indirecto con un Motomco 919, y B) Método directo con muestras dentro de una estufa de aire forzado.

Los insectos adultos de *P. truncatus*, se obtuvieron de insectos que fueron coleccionados en cultivos de maíz de zonas rurales y que se mantuvieron bajo condiciones de crianza de 28° C, con una humedad relativa (H.R) de 75% y fotoperiodos de 16 a 8 h de luz - oscuridad, y una dieta a base de maíz libre de plaguicidas.



Figura 13. Cribado y selección de insectos vivos de *P.truncatus*.

3.3 Unidades experimentales para almacenamiento hermético.

Se seleccionó un lote homogenizado de maíz. El lote homogeneizado se dividió en 4 sublotes, los cuales se ajustaron a 4 humedades diferentes 9, 11, 13 y 14 % aproximadamente.



Figura.14. Homogenización de maíz con divisor Boerner.



Figura 15. Pesando muestras para la división de los sublotes.

El ajuste de humedad se realizó mediante la siguiente formula:

$$\text{Cantidad de agua (CA en ml)} = \left(\frac{100 - CHi}{100 - CHf} - 1 \right) * Pi$$

En donde:

CHi es la humedad inicial de la muestra en %

CHf es la humedad deseada de la muestra en %

Pi es el peso inicial de la muestra en g

Una vez calculada la cantidad de agua necesaria para alcanzar el contenido de humedad de 13 y 14%, se le adiciono el agua calculada y se homogenizaron los sublotes, estas fueron almacenadas a 5°C durante 72 h para permitir la homogeneización de la humedad dentro de los granos.



Figura 16. Recubriendo las muestras de maíz con agua para el ajuste de humedad.



Figura 17. Estabilización del contenido de humedad en las muestras a 5° C.

Los cuatro contenidos de humedad (9, 11, 13 y 14 %) se dividieron en 5 periodos de almacenamiento: 3, 6, 9, 12 y 15 días; cada uno con 3 repeticiones y un testigo. Las UE contenían 150 g de maíz dentro de un frasco de vidrio de 250 ml, infestadas con 20 insectos vivos, adultos y sin sexar de *P. truncatus*.

El cerrado hermético se obtuvo mediante el sellado del frasco con Parafilm M® y una cubierta de papel aluminio, para después cerrarse con una tapa (figura 18.C) que permitiera el hermetismo en el frasco y la medición del contenido de oxígeno y dióxido de carbono, el sellado hermético se garantizó con baños de parafina en la superficie de las tapas del frasco. Las UE utilizadas como testigo, no se cerraron de manera hermética, en su lugar se utilizó una tapa con una malla metálica, que permitía la respiración del insecto.

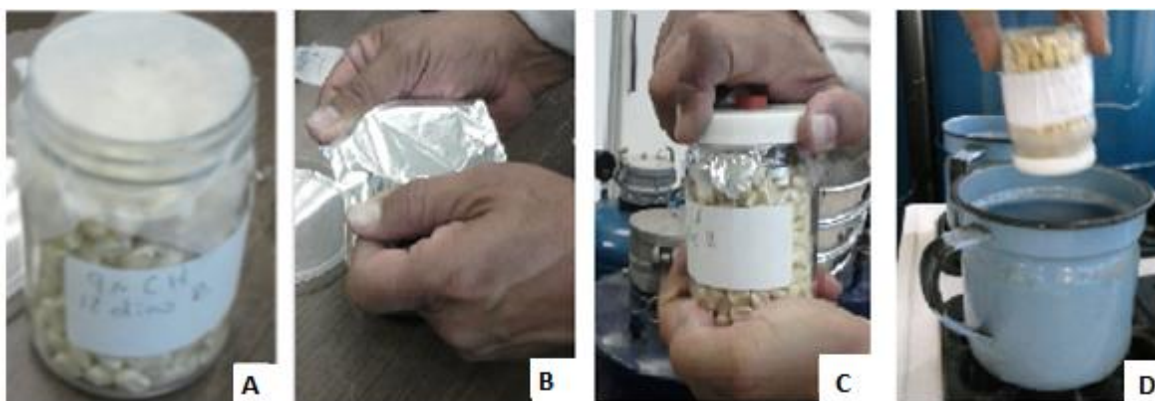


Figura 18. Secuencia del cerrado hermético: A) Frasco sellado con Parafilm M®, B) Cubierta de aluminio, C) Colocación de la tapa de plástico y D) Aplicación de parafina sobre la tapa.



Figura 19. Tipo de sellado en las unidades experimentales: A) UE con cerrado hermético y B) UE sin cerrado hermético.

Las UE se mantuvieron a una temperatura constante de 25° C. El nivel de oxígeno se determinó al inicio del experimento y también en cada uno de los periodos de almacenamiento: 3, 6, 9, 12 y 15 días. En cada muestreo se determinó la concentración de oxígeno y dióxido de carbono, el contenido de humedad y los insectos muertos.



Figura 20. Arreglo aleatorio de las UE dentro de la cámara de incubación a 25°C



Figura 21. Muestreo de las UE con cerrado hermético para la concentración de oxígeno y dióxido de carbono con un analizador de gases Illinois 6600.



Figura 22. Toma de las muestras de grano en las UE para la determinación de contenido de humedad.

El contenido de humedad se determinó mediante el método de la estufa; tal como se menciona anteriormente, el porcentaje de humedad se calculó a través del peso que se pierde durante el secado (USDA, 1976).



Figura 23. Muestras de granos de maíz llevadas a estufa para secado.



Figura 24. Pesaje de las muestras secas del grano de maíz para la determinación de CH.

Para obtener el porcentaje de humedad se dividió la pérdida de peso de la muestra entre el peso original de ella y el resultado se multiplico por 100:

$$\text{Base humeda (\% en BH)} = \frac{PA}{PT} \times 100$$

En donde:

PA: peso del agua

PT: peso del agua + peso de la materia seca (peso total del grano).

La manipulación de los insectos se realizó con cribas, separando de esta forma el grano entero, insectos y harina; el conteo de mortalidad se realizó separando los insectos vivos y muertos, calculándose los datos en porcentaje de mortalidad.



Figura 25. Cribado de las UE para la cuantificación de insectos.



Figura 26. Conteo de insectos vivos e insectos muertos en las UE.

Una vez roto el hermetismo se mantuvieron las UE bajo observación colocándoles una tapa con malla metálica, se mantuvieron en estas condiciones por un periodo de 30 días, evaluando cada 24 hrs la emergencia de *P. truncatus*. Obteniendo al final la emergencia total del insecto y el porcentaje de grano dañado.



Figura 27. UE con tapa de malla metálica para el periodo de observación.



Figura 28. Cribado del maíz para cuantificar la emergencia de *P. truncatus*.

La emergencia del insecto se determinó mediante la siguiente formula:

$$\text{Emergencia corregida (EC en \%)} = \frac{X}{Y} \times 100$$

En donde:

X es el número de insectos emergidos en las unidades experimentales.

Y es el número de insectos emergidos en el testigo.

Para determinar el porcentaje de grano dañado se separaron los granos dañados por el insecto de los granos sin dañar, se pesó el grano sano y se dividió la pérdida de peso de la muestra inicial del grano entre el peso original de ella y el resultado se multiplico por 100:

$$\text{Grano dañado (GD en \%)} = \frac{D}{150} \times 100$$

En donde:

D es el peso del gaño dañado expresado en gramos.

150 corresponde al peso original en gramos de la unidad experimental.



Figura 29. Selección de granos dañados por *P. truncatus*

3.4 Diseño experimental y análisis estadístico.

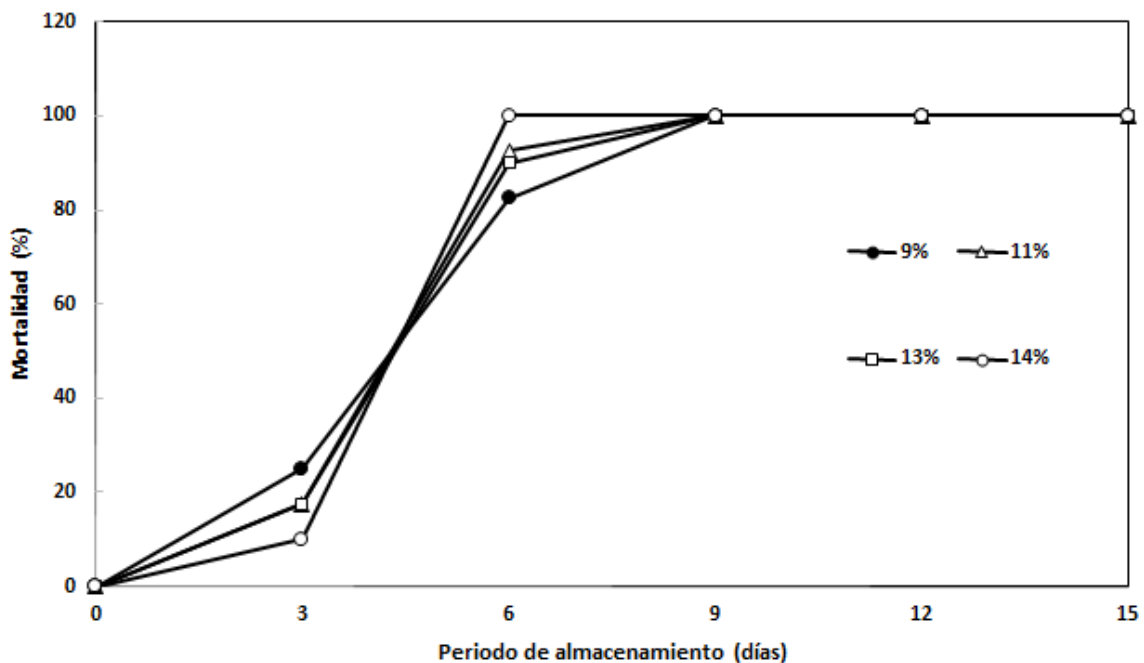
El diseño experimental utilizado fue completamente al azar con un arreglo factorial 4 x 5 con tres repeticiones: el primer factor es el contenido de humedad (9, 11, 13 y 14 %) y el segundo corresponde al período de almacenamiento (3, 6, 9, 12 y 15 días).

Los datos obtenidos fueron analizados con el sistema estadístico InfoStat, para el análisis de varianza se utilizó la prueba de Kruskal-Wallis ($p < 0.05$). Para determinar si hubo efecto del contenido de humedad sobre las variables: Mortalidad y emergencia; mortalidad y oxígeno, y la relación dióxido de carbono y O_2 ; se realizó el análisis de correlación de Spearman ($p < 0.05$).

IV. Resultados y discusión.

4.1 Porcentaje de mortalidad de *Prostephanus truncatus*.

En la evaluación de la mortalidad de *P. truncatus* dentro de las condiciones herméticas se observó un ascenso conforme aumentaba al tiempo de almacenamiento (Grafica 4); estadísticamente se encontró diferencia significativa ($P < 0.05$) entre los tratamientos. En el tratamiento con 14 % de CH a 6 días de almacenamiento se reportaron un 100% de mortalidad, mientras que a 9, 11 y 13 % de C.H. reportaron una mortalidad del 100% al día 9 de almacenamiento.



Grafica 1. Mediana de mortalidad (%) en 4 tratamientos con almacenamiento hermético a diferentes periodos de almacenamiento a 25 °C.

La mortalidad de los insectos bajo el efecto hermético se relacionó con el tiempo de exposición a las condiciones inertes del almacenamiento hermético de los insectos, en el tratamiento con un CH de 14% registro una mortalidad total en menor tiempo con respecto a los demás contenidos de humedad (Cuadro 4).

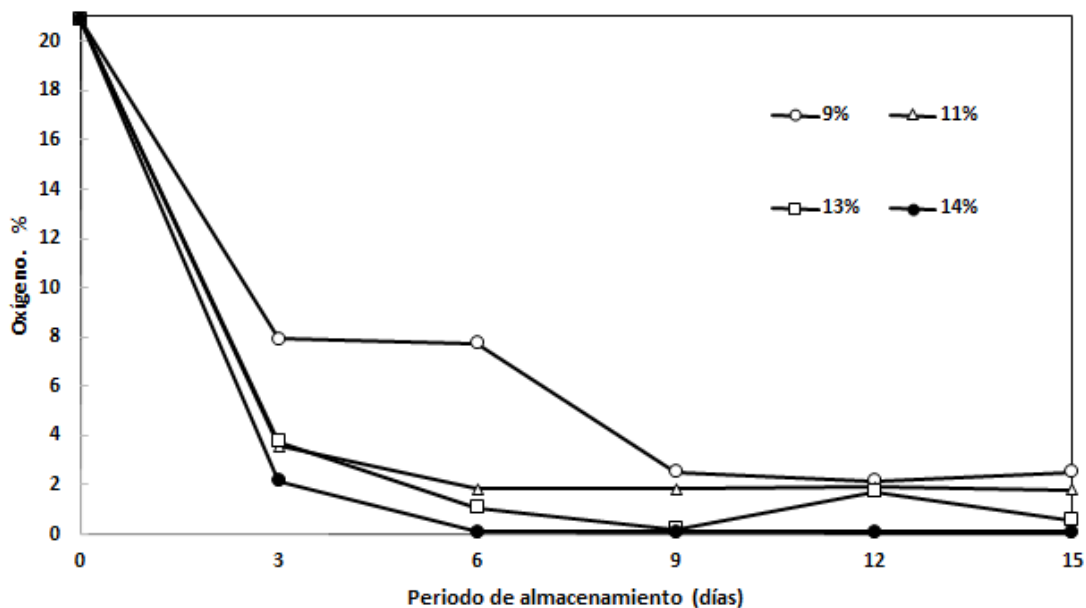
Cuadro 4. Mortalidad (%) en 4 tratamientos con almacenamiento hermético a 25 °C en diferentes periodos de almacenamiento.

Contenido de Humedad (%)	Periodo de Almacenamiento (dias)									
	3		6		9		12		15	
9	21.05	abc	77.78	abc	100	bc	100	bc	100	c
11	5.13	a	92.22	abc	100	bc	100	bc	100	bc
13	10.55	ab	88.89	abc	100	bc	100	bc	100	c
14	7.5	a	100	c	100	c	100	c	100	c

Prueba Kruskal Wallis con $\alpha=0.05$; Comparación de las medianas, $P=0.0332$; $H=27.46$

4.2 Porcentaje de oxígeno.

El comportamiento de esta variable dentro del tratamiento nos permitió observar el agotamiento del oxígeno en los sistemas herméticos. En el análisis estadístico no se encontró diferencia significativa ($P > 0.05$) entre los tratamientos, lo que nos indica que el comportamiento del contenido de oxígeno (%) fue similar en todos los tratamientos; los tratamientos iniciaron con un 20.9 % (día 0); que es la cantidad de oxígeno en el ambiente, la cantidad fue disminuyendo dentro de los tratamientos conforme al periodo de almacenamiento (Grafica 2), al día 6 el O_2 fue menor a 2 % en los C.H. 11, 13 y 14 %, mientras que en el tratamiento con 9% de C.H el O_2 se encontraba en 7.75 %; para el día 9 los C.H más altos del experimento (13 y 14 %) se mantuvieron muy cercanos al 0 % de O_2 hasta el día 15; los tratamientos a 9 y 11 % de C.H tuvieron 2.54 y 1.84 % de O_2 respectivamente.



Grafica 2. Mediana de contenido de oxígeno (%) en 4 tratamientos con almacenamiento hermético a diferentes periodos de almacenamiento a 25 °C.

Los bajos niveles de oxígeno son un indicativo de la respiración producida por organismos aeróbicos; como lo son granos e insectos, dentro el almacenamiento hermético, el consumo de este elemento se ve reflejado conforme avanza el tiempo de exposición, en los CH más altos (13 y 14%) hubo un agotamiento de oxígeno mayor que en los otros, lo cual tendría relación con la velocidad de respiración de los granos que está determinada por el contenido de humedad, en humedades altas aceleran el proceso de respiración.

Cuadro 5. Contenido de O₂ (%) en almacenamiento hermético en 4 humedades de grano a 25 °C en diferentes periodos de almacenamiento.

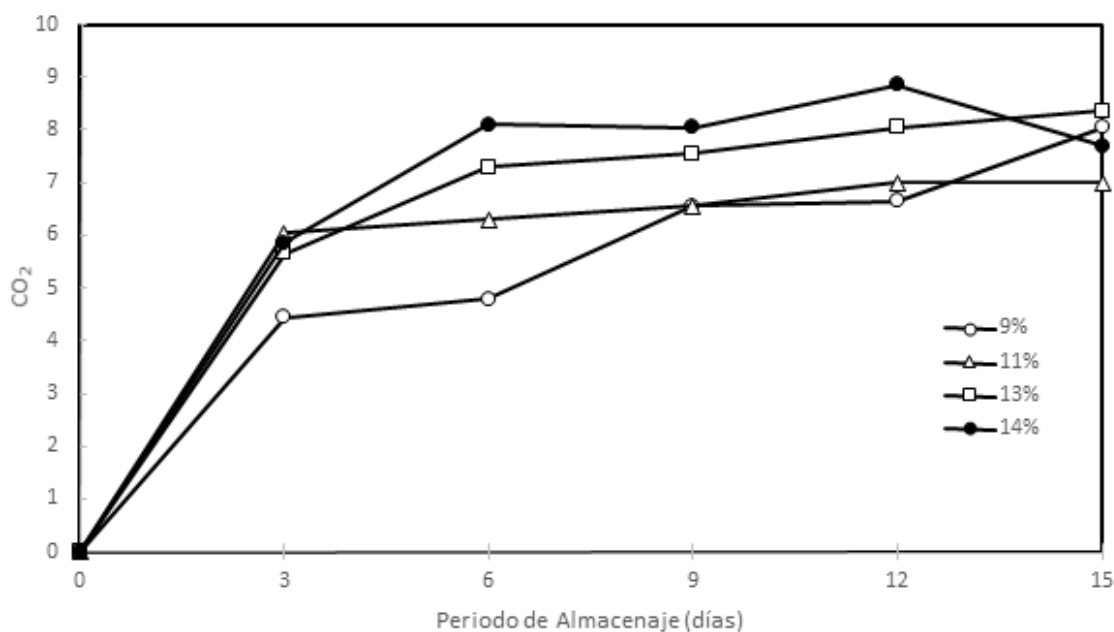
Contenido de Humedad (%)	Periodo de Almacenamiento (días)				
	3	6	9	12	15
9	7.93	7.75	2.54	2.17	2.54
11	3.57	1.84	1.84	1.89	1.78
13	3.77	1.07	0.22	1.74	0.58
14	2.17	0.11	0.09	0.08	0.08

Prueba Kruskal Wallis con $\alpha= 0.05$; Comparación de las medianas.
P = 0.2388; H= 22.61

Los tratamientos con contenidos de humedad más altos disminuyeron más rápido el O₂, la disminución de oxígeno se debe a la respuesta de los insectos y granos que fueron consumiendo el oxígeno dentro de los frascos hasta agotarlo, de acuerdo con Ortiz (2012) la velocidad de respiración de los granos está determinada por el contenido de humedad, humedades altas aceleran el proceso de respiración.

4.3 Porcentaje de dióxido de carbono.

La producción de dióxido de carbono dentro de los almacenes herméticos viene como respuesta de la respiración aeróbica de granos e insectos; esta variable fue medida al inicio del experimento con un 0.03%; cantidad presente en la atmosfera, la producción de CO₂ dentro del almacenamiento hermético se fue notando desde el día 3 (Grafica 3), encontrándose a 6.05, 5.65 y 5.85 % de CO₂ en los tratamientos de 11, 13 y 14 % de C.H respectivamente; las mayores concentraciones se encontraron en los tratamientos a 14 % de C.H a partir del día 6 con 8.1 % y el tratamiento a 13 % de C.H que para el día 6 el CO₂ se encontraba en 7.3 %; de acuerdo con la prueba Kruskal Wallis se encontró que los tratamientos son estadísticamente ($P > 0.05$) iguales.



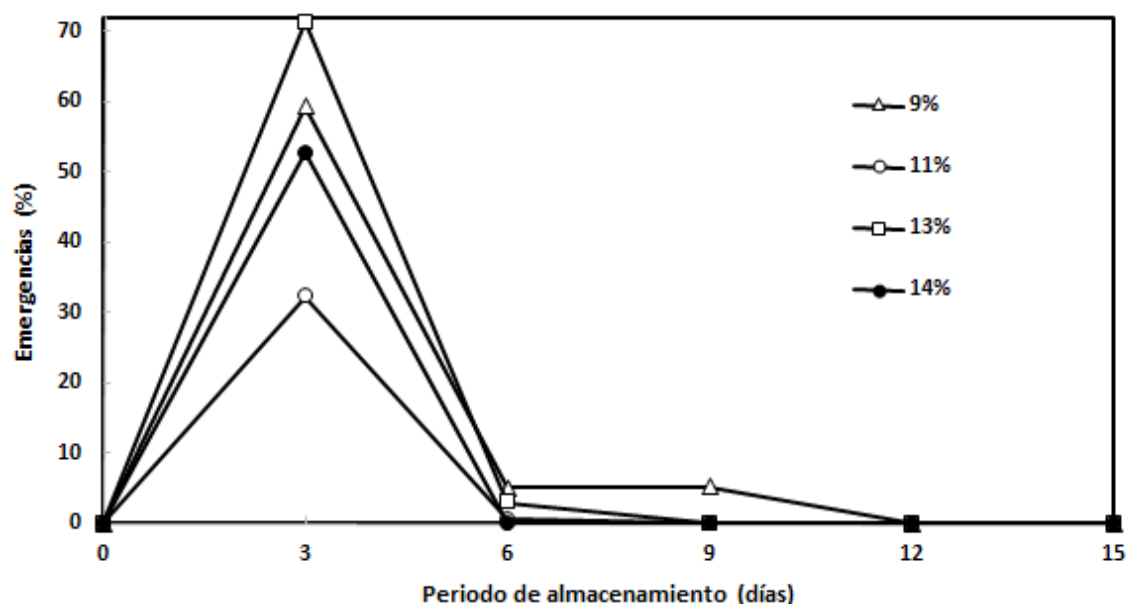
Grafica 3. Mediana de contenido de CO₂ (%) en 4 tratamientos con almacenamiento hermético a diferentes periodos de almacenamiento a 25 °C.

Contenido de Humedad (%)	Periodo de Almacenamiento (días)				
	3	6	9	12	15
9	4.45	4.8	6.55	6.65	8.05
11	6.05	6.3	6.55	7	7
13	5.65	7.3	7.55	8.05	8.35
14	5.85	8.1	8.05	8.85	7.7

Prueba Kruskal Wallis con $\alpha = 0.05$; Comparación de las medianas
 $P = 0.2388$; $H = 22.61$

4.4 Porcentaje de Emergencia de *P. truncatus*.

La emergencia dentro de los tratamientos se revisó durante un periodo de 30 días cada 24 h, una vez que se rompió el hermetismo a los tratamientos, con la finalidad de observar si hubo insectos o larvas vivas que aparecieran una vez que se les dieran las condiciones apropiadas (Oxígeno y temperatura 25°C). En el análisis se encontró que no hubo diferencias significativas ($P > 0.05$), el mayor porcentaje de emergencias se reportó en los tratamientos con 9 % de CH en 3, 6 y 9 días de periodos de almacenamiento; las emergencias de *P. truncatus* fueron nulas en los demás tratamientos a partir del día 9 a excepción del CH con 14 % que no hubo emergencias desde el día 6.



Grafica 4. Mediana de emergencia total de *P. truncatus* a 30 días de haber roto el hermetismo en 4 tratamientos con almacenamiento hermético a diferentes periodos de almacenamiento a 25 °C.

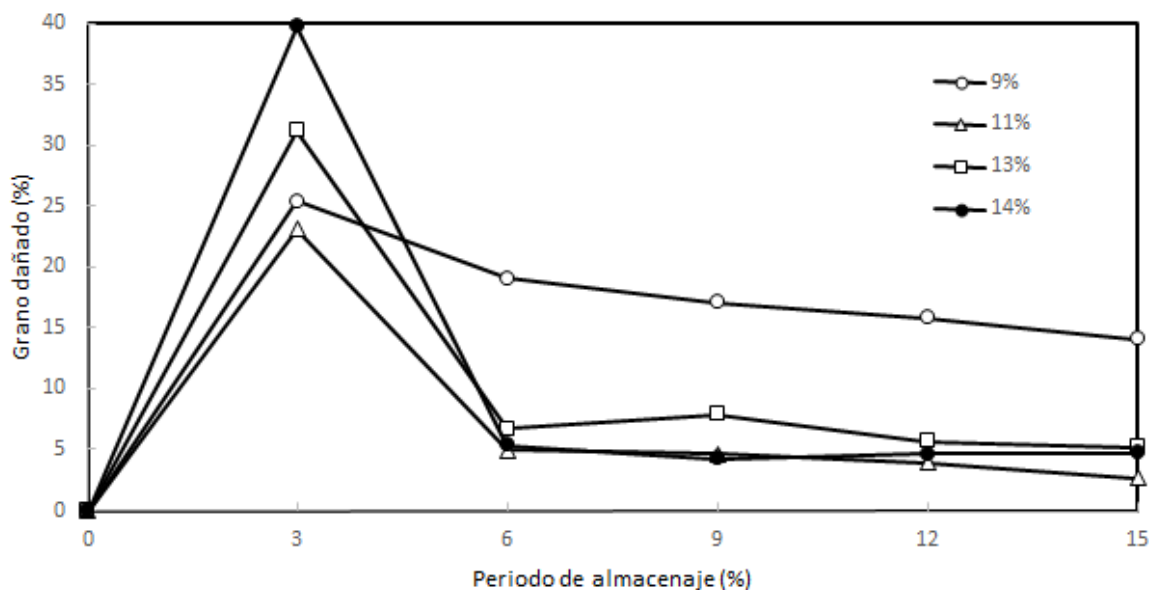
Cuadro 7. Emergencia (%) de *P. truncatus* en 4 tratamientos con almacenamiento hermético a 25 °C en diferentes periodos de almacenamiento.

Contenido de Humedad (%)	Periodo de Almacenamiento (días)				
	3	6	9	12	15
9	59.39	5.11	5.21	0	0
11	32.29	0.63	0	0	0
13	71.32	2.94	0	0	0
14	52.73	0	0	0	0

Prueba Kruskal Wallis con $\alpha = 0.05$; Comparación de las medianas. $P = 0.462$; $H = 16.43$

4.5 Porcentaje de grano dañado.

Esta variable permite cuantificar la incidencia de grano dañado provocado por *P. truncatus*; estadísticamente hubo diferencias significativas ($P < 0.05$), los tratamientos con menor porcentaje de daño fueron los tratamientos con un contenido de humedad a 11 y 14 % de CH: 4.25 % de GD en el día 6 del tratamiento a 14 %, y en el tratamiento a 11 % CH con daños de 4.98 % en el día 9.



Grafica 5. Mediana de grano dañado (%) por *P. truncatus* en 4 tratamientos con almacenamiento hermético a diferentes periodos de almacenamiento a 25 °C.

Cuadro 8. Grano dañado (%) en 4 tratamientos con almacenamiento hermético a 25 °C en diferentes periodos de almacenamiento.

Contenido de Humedad (%)	Periodo de Almacenamiento (días)									
	3	6	9	12	15	3	6	9	12	15
9	25.4	19.07	17.11	15.82	14.05	cde	bcde	abcde	abcde	abcde
11	23.08	4.98	4.61	3.91	2.63	bcde	ab	a	a	a
13	31.18	6.73	7.87	5.66	5.17	de	abcd	abcd	abcd	ab
14	39.7	5.39	4.25	4.64	4.72	e	abcd	ab	abc	abc

Prueba Kruskal Wallis con $\alpha = 0.05$; Comparación de las medianas.
 $P = 0.0124$; $H = 35.44$

4.6. Análisis de asociación entre las variables: Correlación.

Para poder determinar el efecto del almacenamiento hermético en el control de *Prostephanus truncatus* se realizó la correlación entre las variables presentadas las tablas 4 y 5.

Variablen	Contenido de Humedad
Contenido de Humedad (%)	1
O2 (%)	-0.56

Correlación entre variables por la prueba Spearman, interpretación de los valores de acuerdo a Martínez et al., (2009)

La correlación de estas dos variables es alta negativa, señalando que la respiración del insecto y del grano aumenta cuando el contenido de humedad es mayor, teniendo como resultado una concentración baja de oxígeno dentro de los almacenes herméticos; es decir a mayor humedad menor oxígeno.

Variablen	Mortalidad (%)
Mortalidad (%)	1
Periodo de almacenamiento (días)	0.55
O2 (%)	-0.7

Correlación entre variables por la prueba Spearman, interpretación de los valores de acuerdo a Martínez et al., (2009)

La primera correlación presentada entre el periodo de almacenamiento y mortalidad resultó una correlación positiva alta (0.55), lo que afirma que conforme aumenta la variable periodo de almacenamiento, la mortalidad incrementa dentro del almacenamiento hermético; esto como el resultado del tiempo de exposición del insecto dentro de la atmósfera letal generada en los tratamientos

Lo anterior se confirma con la respuesta de la correlación de las variables mortalidad y oxígeno en donde se tuvo una correlación alta negativa (-0.7), señalando que cuando el oxígeno decrece la mortalidad va en aumento, el consumo del oxígeno es ocasionado por la respiración de granos e insectos, provocando la muerte de los insectos.

V. Conclusiones

De acuerdo con los objetivos planteados al inicio de este proyecto y con base en los resultados obtenidos; se concluye que el almacenamiento hermético de maíz permite el control de *Prostephanus truncatus*. El control de *P. truncatus* varía en respuesta de acuerdo con el nivel de contenido de humedad (9, 11, 13 y 14 %) y del periodo de almacenamiento hermético; los granos con contenido de humedad alto aceleran el proceso de mortalidad de los insectos, evitando la oviposición y futuras emergencias de insectos en el maíz almacenado, todo esto a una temperatura de 25° C; el mejor control de *P. truncatus* se identificó en contenidos de humedad a 14 % a partir del día 6; en donde no solo hubo una mortalidad total de los insectos, sino también no hubo emergencia de insectos una vez roto el hermetismo; en los tratamientos a 11 y 13 % se alcanzó hasta el día 9, mientras que en CH 9 % fue hasta el día 12 de almacenamiento hermético.

Los niveles de oxígeno bajan dentro del almacenamiento hermético, el agotamiento del oxígeno varía de acuerdo al CH y el periodo de almacenamiento; los granos de maíz guardados con altos contenidos de humedad consumieron velozmente el oxígeno dentro del sistema, propiciando una atmosfera inerte adecuada para el control de *P. truncatus*. Los tratamientos con un CH a 14 % consumieron el oxígeno más rápidamente a los 6 días, comparado con los demás tratamientos que sus niveles de oxígeno fueron ligeramente superiores; sin embargo, permitieron el control de *P. truncatus*.

El daño provocado por *P. truncatus* al grano fue mayor en los primeros días de almacenamiento; donde el sistema hermético es muy corto para evitar el desarrollo del insecto. Al día 3 el daño causado por los insectos emergidos fue mayor en los granos con CH de 13 y 14%, mientras que en los CH de 9 y 11% el daño fue menor; a partir del día 6 se observan los efectos del almacenamiento hermético al detener el desarrollo de los insectos y por consiguiente detener el daño a los granos; sucediendo principalmente en las contenidos de humedad altos.

Referencia Bibliográfica.

Australian Government (2008, September). The biology of *Zea mays* ssp *mays* (maize or corn). Australia: Recuperado el 15 de octubre del 2015 de: [http://www.ogtr.gov.au/internet/ogtr/publishing.nsf/content/maize-3/\\$FILE/biologymaize08_2.pdf](http://www.ogtr.gov.au/internet/ogtr/publishing.nsf/content/maize-3/$FILE/biologymaize08_2.pdf)

Azcon-Bieto J y Talón, M., (2000). Fundamentos de fisiología vegetal. España, Universidad de Barcelona.

Biblioteca Medicea Laurenziana (BML), (2007). *The World of the Aztecs in the Florentine Codex*[en línea] ,Mandragora:Recuperado el 20 de septimebre del 2015 en: <http://www.wdl.org/es/item/10621>

Castillo, N.A.,(1980). Acondicionamiento de granos: Secamiento, Almacenamiento y Costos. Colombia, Bogota: Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (IICA).

Chauvet, M., González, R.L., Barajas, R.E., Castañeda, Y. y Massieu, Y. (2004).Impactos sociales de la biotecnología: el cultivo de la papa. México. Ed.UAM-A/Praxis/CamBiotec/CONACYT. [en línea] Recuperado el 22 de agosto de 2015 en: <http://www.conacyt.gob.mx/cibiogem/images/cibiogem/Fomento-investigacion/sala-exhibicion.virtual/Poster-UAM-2014.pdf>

Comité Estatal de Sanidad Vegetal Guanajuato (CESAVEG) (S/A). Manual de plagas y enfermedades de maíz. Campaña de manejo Fitosanitario.

FIRA, (2015). Panorama agroalimentario: Maíz 2015[en línea]. Dirección de Investigación y Evaluación Económica y Sectorial. Recuperado el 13 de marzo de 2016 en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/61952/Panorama_Agroalimentario_Ma_z_2015.pdf

Financiera Nacional de Desarrollo Agropecuario, Rural, Forestal y Pesquero (FND), (2014, mayo). Panorama del maíz [en línea]. Recuperado el 24 de septiembre de 2015 en: [http://www.financierarural.gob.mx/informacionsectorrural/Panoramas/Panorama%20Ma%C3%ADz%20\(may%202014\).pdf](http://www.financierarural.gob.mx/informacionsectorrural/Panoramas/Panorama%20Ma%C3%ADz%20(may%202014).pdf)

Florescano, E. (2003). Metáfora del grano y la mazorca. *La Palabra y el Hombre* [en línea]. Julio-septiembre 2003, no. 127, p. 7-26 : Recuperado el 3 de Octubre del 20015 en : <http://cdigital.uv.mx/handle/123456789/501>

Gracia-Lara.S.,Espinosa, C.C., y Bergvinson, D.J. (2007) Manual de plagas en granos almacenados y tecnologías alternas para su manejo y control. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo Int. Recuperado en: <http://repository.cimmyt.org>

García-Lara, S. y Bergvinson, D.J. (2007) Programa integral para reducir las pérdidas poscosecha de maíz . Agric. Téc. Méx vol.33 no.2 México may./ago. 2007

García, M.L., Aguirre, A.G, Narro, J.S., Cortés, B., y Rivera, J.G. (2007). Silo hermético para el control de plagas de granos almacenados en Guanajuato, México. Agric. Téc. Méx vol.33 no.3 México sep./dic. 2007

Grain Pro Inc., (2016, abril). Bolsa de plástico multilaminada para almacenar granos. Recuperado el 12 de abril del 2016 en: <http://grainpro.com>

Guzmán, P. C.A., (2005). El silo hermético, método efectivo para controlar plagas de almacén en el Norte de Guanajuato. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria.

Hernández, E.X. (1985). Graneros de maíz en México. Revista de Geografía Agrícola. México: Universidad Autónoma Chapingo, 1985. p. Recuperada de <http://www.codexvirtual.com/maiz/index.php/cultura?id=45>

Invasive Species Compendium (2015). *Prostephanus truncatus* (larger grain borer). Estados Unidos.: CAB International. Recuperado el de <http://www.cabi.org>

Invasive Species Compendium (2014). *Rhyzopertha dominica* (lesser grain borer). Estados Unidos.: CAB International. Recuperado de <http://www.cabi.org>

International Seed Testing Association (ISTA), 1996. International rules for seed testing. Seed Sci.Technol. 24.

Ives, N., (1951). Manual de secado y Almacenamiento de granos. Costa Rica, Turrialba: Instituto Iberoamericano de Ciencias Agrícolas

Juarez, B. y Ford, Mark. (2010). Mexico grain and feed Annual corn production forecast to rebound. USA (United States of America): USDA/FAS (United States Department of Agriculture/ Foreign Agricultural Service). Recuperado el 28 de Agosto de 2015, de http://gain.fas.usda.gov/Recent%20GAIN%20Publications/Grain%20and%20Feed%20Annual_Mexico%20City_Mexico_3-12-2010.pdf.

Kato, T.A., Mapes, C., Mera, L.M., Serratos, J.A. y BYE, R.A. (2009). Origen y diversificación del maíz: una revisión analítica. México, D.F: Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

López, A. A. (2004). La magia y la adivinación en la tradición mesoamericana. Arqueología mexicana, México, Editorial Raíces-INAH, septiembre-octubre 2004, vol. 15, núm. 69, p. 28.

Martínez, O. M., Tuya, P. T.L, Martínez, O. M., Pérez, A. A. y Alberto, C.A. (2009). El coeficiente de correlación de los rangos de Spearman caracterización. Revista Habanera de Ciencias Médicas, Vol. 8, Núm. 2, abril-junio, 2009.Cuba: Universidad de Ciencias Médicas de la Habana. Recuperado en línea el 23 de diciembre del 2015 en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180414044017>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO),(1985) .Insectos que dañan granos almacenados, Serie: Tecnología Poscosecha 4. Chile. Recuperado de 19 de diciembre del 2015 en: <http://www.fao.org/docrep/>

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (1993). El maíz en la nutrición humana. Roma: Departamento de Agricultura. Recuperado el 25 de septiembre del 2015 de: <http://www.fao.org/docrep/t0395s/T0395S00.htm#Contents>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). (2007) Programa especial para la seguridad alimentaria.México. Recuperado en línea el 23 de agosto del 2015 en: http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/AsistenciaCapacitacion/Documents/red%20del%20conocimiento/manuales%20pesa/Tecnicas_almacenamiento.pdf

Ortiz, C. A., (2012). Almacenamiento y conservación de cereales y oleaginosas. México: Servicios Inteligentes de Apoyo Técnico (SIAT).

Paliwai, L. P., Granados, G., Laffitee, R. y Violic, D. A. (2001). El maíz en los trópicos: Mejoramiento y Producción. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

Moreno, E.M., y Ramírez, M.M.,(1991) Memorias de la primera reunión nacional sobre la investigación en México del barrenador mayor de los granos *Prostephanus truncatus* (Horn).Universidad Nacional Autónoma de México.

Sánchez, G., J., Goodman, M.M. and Stuber, C.W. (2000). Isozymatic and morphological diversity in the races of maize of Mexico. Econ. Bot.

Sigaut, F, (1980). Significance of underground storage in traditional systems of grain production. France, Paris: Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales. En Shejbal, J.Controlled Atmosphere Storage of Grains. Netherlands: Elsevier.

Soustelle, J., (1998). La vida cotidiana de los aztecas en vísperas de la conquista (20^a ed.). México: Fondo de Cultura Económica.

Torres, Z. R., (1999). Factores que afectan la respuesta de *Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae) a su feromona Trunc-call. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma de Nuevo León.

United States Departament of Agriculture (USDA), 1976. Rain equipement manual G.R.916- 6. Kansas city, MO, Federal Grain Inspection Service Standarization Division. Richards Geabauter. AFB.

Valdes, A., Mariano, M.M., y Nieto, F. (2000). Control de *Prostephanus truncatus* (Horn) en semilla de maíz almacenada. *Agronomía mesoamericana* II(I): 95-101. Mexico

Warham, E. J. (1986). Almacenamiento de granos y semilla. México: Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo Int. Recuperado en: <http://libcatalog.cimmyt.org/download/cim/58997.pdf>

SIAP, 2015. Cierre de la producción agrícola de Maíz [en línea]. Recuperado el 11 de marzo de 2016 en: <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/>