

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

MEMORIAS DE EXPERIENCIA PROFESIONAL

Control químico para plagas de insectos en granos almacenados

POR:

CARLOS ALBERTO MOCTEZUMA ZAMARRIPA

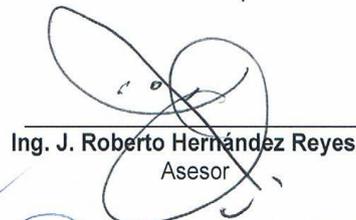
APROBADO POR EL H. COMITÉ PARTICULAR DE ASESORÍA PARA
OBTENER EL TÍTULO DE

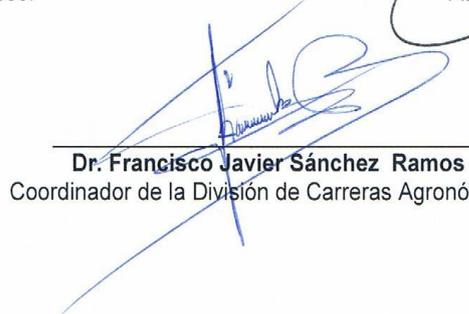
INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES


M.C. Armando Moreno Rubio
Asesor principal


Ing. Eliseo Raygoza Sánchez
Asesor


Ing. Rubén López Tovar
Asesor


Ing. J. Roberto Hernández Reyes
Asesor


Dr. Francisco Javier Sánchez Ramos
Coordinador de la División de Carreras Agronómicas



Coordinación de la División de
Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México

Octubre de 2014

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

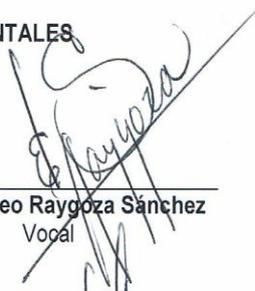
MEMORIAS DE EXPERIENCIA PROFESIONAL

Control químico de plagas de insectos en granos almacenados

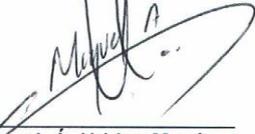
QUE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR COMO
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES


M.C. Armando Moreno Rubio
Presidente


Ing. Eliseo Raygoza Sánchez
Vocal


Ing. Rubi Muñoz Soto
Vocal


MC. Miguel A. Urbina Martínez
Vocal Suplente


Dr. Francisco Javier Sánchez Ramos
Coordinador de la División de Carreras Agronómicas



Coordinación de la División de
Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México

Octubre de 2014

AGRADECIMIENTOS

A Dios Padre

Por concederme la gracia que tanto deseaba, de poder realizar mis estudios profesionales, por darme vida, salud, fuerza, seguridad y sabiduría ante todo para poder salir adelante.

A la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” Unidad Laguna

Por haber abierto sus puertas y recibirme, a todos y cada uno de mis maestros, por brindarme su amistad, sus conocimientos y enseñanzas para que obtuviera la adquisición, desarrollo y aplicación de conocimientos.

A mis compañeros

A todos los que juntos iniciamos este proyecto de vida, gracias por su amistad durante toda nuestra formación profesional de la segunda generación de Ing. en Procesos Ambientales.

Al equipo de asesores

Sin importar la posición de su mención, agradezco al M.C. Armando Moreno Rubio, al Ing. Eliseo Raygoza Santos, al Ing. José Roberto Hernández Reyes, al Ing. Rubén López Tovar y a la Sra. Leticia Alba Vallejo, A todos ellos les agradezco por su asesoría, sus consejos y comentarios. Gracias por su apoyo, dedicación y su tiempo para realizar este trabajo.

Fumigaciones SANMOL S.A de C.V

Agradezco al Ing. Alfredo Sánchez Herrera por abrirme las puertas de su empresa para poder aplicar mis conocimientos y seguir aprendiendo de ellos, agradezco su confianza y su apoyo.

DEDICATORIAS

En especial a mis padres:

Sr. Carlos Moctezuma Martínez.

Sra. Olga Aracely Zamarripa Cruz.

Quienes me han brindado una familia llena de cariño y amor, dándome los mejores de sus consejos, gracias a sus esfuerzos y principalmente a sus sacrificios me han ayudado a salir a delante, gracias por creer en mí dándome su apoyo incondicional para terminar mis estudios.

A mis hermanos

Karina Moctezuma Zamarripa.

Miguel Ángel Moctezuma Zamarripa.

Por creer que soy capaz de salir adelante, gracias por su cariño, amor y consejos, gracias por estar al pendiente de mí, los quiero muchos

A mi esposa

Ma. De Jesús Dueñez Rocha

Que a pesar de las circunstancias adversas de la vida me has dado una familia llena de amor, gracias por tu confianza y paciencia, porque has creído en mí para tener un mejor mañana y así poder salir a delante juntos como la familia que somos. Te quiero y te amo.

A mi hija:

Sta. Ketsy Samara Moctezuma Dueñez

Por estar al pendiente de mis pasos y creer en mí y esperando ser un ejemplo a seguir ahora que estás en tu proceso de formación, te quiero y te amo hija.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	I
DEDICATORIAS	II
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	III
ÍNDICE DE FIGURAS	VI
ÍNDICE DE CUADROS	VII
RESUMEN	VIII
I. INTRODUCCIÓN	1
II. PRINCIPIOS BASICOS DE ALMACENAMIENTO Y CONSERVACIÓN DE LOS GRANOS.....	4
2.1. Ambiente en precosecha y postcosecha.....	5
2.2. Acondicionamiento y saneamiento.....	6
2.3. Limpieza del grano.....	7
2.4. Secado de los granos.....	9
2.5. Aireación.....	9
III. IDENTIFICACION Y CLASIFICACIÓN DE LOS INSECTOS QUE ATACAN LOS GRANOS ALMACENADOS.....	10
3.1. Insectos primarios:	12
3.1.1. Gorgojo o picudo del trigo: <i>Sitophilus Granarius</i>	12
3.1.2. Gorgojo o picudo cuatro manchas: <i>Sitophilus Zeamais</i>	13
3.1.3. Gorgojo o picudo del arroz: <i>Sitophilus Oryzae</i>	13
3.1.4. Gorgojo grande o barrenador mayor: <i>Prostephanus Truncatus</i>	14
3.1.5. Gorgojo pequeño barrenador menor: <i>Rhyzopertha Dominica</i>	14
3.1.6. Gorgojo del frijol: <i>Acanthoscelides Obtectus</i>	15
3.1.7. Gorgojo del frijol: <i>Zabrotes Subfasciatus</i>	15
3.1.8. Palomilla dorada de los cereales: <i>Sitotroga Cerealella (Olivier)</i>	16
3.1.9. Palomilla tropical de los almacenes: <i>Ephestia Cautella (cadra)</i>	16
3.2. Insectos secundarios:.....	17
3.2.1. Gorgojo aserrado o dientes de sierra: <i>Oryzaephilus Surinamensis</i>	17
3.2.2. Gorgojo achatado de los granos: <i>Cryptolestes Ferrugines</i>	18
3.2.3. Gorgojo castaño o rojo de la harina: <i>Tribolium Castaneum</i>	18
3.2.4. Gorgojo confuso de la harina: <i>Tribolium Confusum</i>	19
3.2.5. Gorgojo grande negro: <i>Tenebroides Mauritanicus</i>	19

3.2.6. Gorgojo negro de la harina: <i>Tenebrio Molitor</i>	20
3.2.7. Palomilla de la harina o del mediterráneo: <i>Ephestia Anagasta</i>	20
3.2.8. Palomilla bandeada de las harinas: <i>Plodia Interpunctella</i>	21
3.3. Insectos terciarios:	21
3.3.1. Acaro: <i>Psocoptera</i>	22
IV. BIOLOGÍA Y CONDUCTA DE LOS INSECTOS DE ALMACÉN.....	22
4.1. <i>Sitophilus Granarius</i> , <i>Sitophilus Zeamais</i> y <i>Sitophilus Oryzae</i>	22
4.2. <i>Prostephanus Truncatus</i> y <i>Rhyzopertha Dominica</i>	23
4.3. <i>Acanthoscelides Obtectus</i> y <i>Zabrotes Subfasciatus</i>	24
4.4. <i>Sitotroga Cerealella</i> y <i>Ephestia Cautella</i>	24
4.5. <i>Oryzaephilus Surinamensis</i> y <i>Cryptolestes</i>	25
4.6. <i>Tribolium Castaneum</i> y <i>Tribolium Confusum</i>	26
4.7. <i>Tenebroides Mauritanicus</i> y <i>Tenebrio Molitor</i>	26
4.8. <i>Plodia Interpunctella</i> y <i>Ephestia Anagasta</i>	27
V. PRINCIPALES MÉTODOS DE CONTROL DE INSECTOS DE ALMACÉN. 28	
5.1. Método Legislativo.	28
5.2. Mecánico y físico.	29
5.3. Polvos abrasivos.	29
5.4. Radiación.	30
5.5. Almacenaje hermético.	30
5.6. Transilaje.....	30
5.7. Método Biológico.....	30
5.8. Método frío.	31
5.9. Ozonificación.....	31
5.10. Feromonas.	31
5.1.1. Método Químico.	31
5.1.1.1. Productos químicos que se utilizan como fumigantes.	32
VI. FACTORES QUE INFLUYEN EN EL CONTROL QUÍMICO.....	33
6.1. Impurezas de los granos almacenados.	33
6.2. Humedad y temperatura del grano.....	34
6.3. Humedad relativa del ambiente.....	36
VII. PRODUCTOS Y TÉCNICAS UTILIZADAS PARA EL CONTROL DE INSECTOS POR MÉTODO QUÍMICO.....	38
7.1. Técnica de control químico por aspersion.	41

7.2. Técnica de control químico por nebulización.....	43
7.3. Técnica de control químico por fumigación.	44
7.3.1. Aspectos relacionados con la técnica de control químico por fumigación.46	
7.3.1.1. Distribución de los comprimidos esféricos.....	46
7.3.1.2. Composición de un comprimido esférico.....	48
7.3.1.3. Reacción química de los fosfuros metálicos.....	50
7.3.1.4. Difusión del fósforo de hidrógeno.	52
7.3.1.5. Peligro de fuego y explosión.	53
7.3.1.6. Hermetización de las mercancías.	54
7.3.1.7. Exposición de mercancías al fósforo de hidrógeno.	55
7.3.1.8. Exposición de fumigadores.	56
7.3.1.8.1. Protección respiratoria.....	58
VIII. INFORMACIÓN DE RIESGOS A LA SALUD.....	59
IX. DISPOSICION Y DESACTIVACION DE RESIDUOS.	61
9.1. Procedimiento para manejo de envases vacíos.	62
9.2. Instrucciones para la desactivación de polvo residual.....	63
X. CONCLUSIÓN.....	65
LITERATURA REVISADA.....	66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Sitophilus Granarius	12
Figura 2: Sitophilus Zeamais	13
Figura 3: Sitophilus Oryzae	13
Figura 4: Prostephanus Truncatus	14
Figura 5: Rhyzopertha Dominica	14
Figura 6: Acanthoscelides Obtectus	15
Figura 7: Zabrotes Subfasciatus.....	15
Figura 8: Sitotroga Cerealella.....	16
Figura 9: Ephestia Cautella	16
Figura 10: Oryzaeophilus Surinamensis.....	17
Figura 11: Cryptolestes Ferrugines	18
Figura 12: Tribolium Castaneum	18
Figura 13: Tribolium Confusum	19
Figura 14: Tenebroides Mauritanicus	19
Figura 15: Tenebrio Molitor	20
Figura 16: Ephestia Anagasta	20
Figura 17: Plodia Interpunctella.....	21
Figura 18: Psocoptera	22
Figura 19 Barómetro y termómetro	36
Figura 20: Insecticida y su efecto.....	39
Figura 21: Técnica de aspersión manual	41
Figura 22: Técnica de aspersión motorizada.....	42
Figura 23: Técnica por nebulización.....	44
Figura 24: Distribución a profundidad.....	46
Figura 25: Distribución por recirculación	47
Figura 26: Distribución superficial	47
Figura 27: Distribución a nivel de piso.....	48
Figura 28: Composición del fosforo de Aluminio	49
Figura 29: Composición del fosforo de Magnesio	49
Figura 30: Composición de placas de fosforo de Magnesio.....	50
Figura 31: Placas de fosforo de Magnesio	51

Figura 32: Hermetización de las mercancías	54
Figura 33: Velocidad de reacción.....	56
Figura 34: Equipo de protección personal.....	57
Figura 35: Equipo de medición de fosfina	58
Figura 36: Respirador con filtro	59
Figura 37: Equipo de respiración autónomo.....	59
Figura 38: Método húmedo de desactivación.....	65

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Humedad en equilibrio.....	37
Cuadro 2: Dosificación para una aspersión.....	43
Cuadro 3: Dosificación para una nebulización	44
Cuadro 4: Dosificación para una fumigación.....	45
Cuadro 5: Liberación de ppm	54
Cuadro 6: Exposición al fosforo de hidrógeno.....	55

RESUMEN

La fumigación de granos almacenados, es un sistema de control de plagas con la utilización de productos químicos, donde se utilizan todas las técnicas disponibles para reducir las poblaciones y mantenerlas a niveles bajos para reducir el daño que puedan causar a los granos almacenados, de tal manera que el daño económico no sea representativo. Es imprescindible identificar los insectos causantes del daño, en sus diferentes etapas de desarrollo. Una vez conocida la situación se aplican las medidas pertinentes para contrarrestar el efecto de las plagas.

Actualmente existen métodos de control preventivo de plagas, que es como primera opción, ya que es más conveniente prevenir la infestación de plagas. Cuando los diferentes métodos de control preventivo fallan o ya no son efectivos, se determinara la aplicación de productos químico en forma de gas, siendo la opción más práctica y efectiva para el control de plagas, la utilización de un plaguicida es la última alternativa, porque resulta ser un método de control agresivo y extremadamente tóxico.

Una fumigación es parte de la conservación de granos almacenados, significa desinfectar, mitigar o eliminar los insectos plaga. Se podrá definir al fumigante como producto químicos basado en la utilización de fosfuros metálicos, que actúan en forma de gas extremadamente tóxico a partir de los fosfuro de aluminio y el fosfuro de magnesio, que al entrar en contacto con la atmosfera reaccionan mediante la hidrólisis liberando fosfuro de hidrógeno. Para seleccionar su dosificación y tiempo de exposición más adecuado, es necesario tomar en cuenta el tipo de almacenamiento, material de construcción, grado de infestación, tipo de grano, temperatura y humedad del macro y microambiente, volumen ocupado del grano, cantidad del grano y espacio vacío.

El éxito de una fumigación, se basa en una buena distribución del producto químico en la masa del grano y tener una adecuada exposición de las

mercancías al fosfuro de hidrógeno, para permitir un control adecuado de las plagas que infestan al producto a tratar, además este periodo de fumigación deberá permitir la descomposición completa de los fosfuros metálicos. El alargamiento de la exposición es inútil si no se tiene bajo lonas de polietileno las mercancías, debido a que la mayoría de los almacenes son poco herméticos. Después de cumplirse el tiempo de exposición de las mercancías se debe considerar un tiempo de reentrada al almacén que fue tratado.

La aireación natural o artificial del local puede ser de gran ayuda para evitar una exposición al límite legal permitido para los trabajadores, para esto se deben hacer mediciones de la atmosfera contaminada con determinadores para fosfina. Cuando en una atmosfera contaminada tenemos concentraciones por arriba del límite permitido, se deberá utilizar equipo de protección respiratoria aprobada y para niveles por arriba de estos límites o cuando no se conoce la concentración, se recomienda usar un equipo de respiración autónomo.

El fosfuro de hidrógeno es un gas incoloro e inodoro, con esto no significa que no existan niveles peligrosos de este gas tóxico. Este gas no es absorbido por la piel, las vías primarias de entrada son por vías de inhalación e ingestión. El fosfuro de hidrógeno no es conocido como carcinogénico, los síntomas por inhalación de intoxicación leve causa malestares como: fatiga, zumbido en los oídos, nauseas, opresión en el pecho, los síntomas desaparecen al poco tiempo cuando se trata de una intoxicación leve. Cuando se trata de una intoxicación moderada, esta causa fatiga, vomito, dolor del estómago, dolor de pecho, diarrea y disnea. Los síntomas de intoxicación severa, se presenta el edema pulmonar, desvanecimiento, cianosis, inconsciencia y muerte. Las recomendaciones al médico serán las siguientes, ya que se desconoce un antídoto específico para este tipo de intoxicación. Administrar un Bronco espasmódico, Estimulante de la circulación, Glucocorticoides, Flebotomía e intubación con absorción de secreciones pulmonares y una oxigenoterapia para evitar el shock.

Las medidas que debe tomar para la protección del medio ambiente, ya que este producto es toxico para todas las formas de vida humana y animal, consiste en

evitar contaminar cuerpos de agua corriente, depósitos de agua y mantos freáticos al agregar plaguicida en ellos, al lavar equipos de aplicación y de protección.

Los fosfuros metálicos que liberan fosfina, siempre existirá residuos como hidróxidos y envases vacíos con cantidades mínimas de ingrediente activo. Estos podrán ser desactivados por el método seco, que consiste en la extensión prolongada de la fumigación y exponer los envases vacíos a la atmosfera, ya que con el proceso de aireación es suficiente para limpiarlos. No utilizar agua o liquido alguno para limpiar los botes, lavar hidróxidos y para apagar fuegos que contengan fosfuro de hidrógeno.

En el método húmedo para la desactivación de polvos residuales y residuos parcialmente agotados, consiste en agregar lentamente y en cantidades pequeñas a una solución de desactivación. Esta operación debe hacerse al aire libre y con equipo de respiración autónomo. La disposición final de los residuos totalmente desactivados y sean asegurados en un relleno sanitario o en otro sitio apropiado para su disposición final.

PALABRAS CLAVE:

- Control de plagas
- Fosfuros metálicos
- Hidrólisis
- Fosfuro de hidrógeno

I. INTRODUCCIÓN

La conservación y protección de los granos almacenados constituye una necesidad alimenticia social y económica. Desde que nuestros antepasados se hicieron sedentarios y empezaron a acumular reservas de una manera organizada, particularmente las de tipo alimenticio, trataron de buscar los mejores medios para asegurar su subsistencia.

Actualmente, el almacenaje se ha convertido en una práctica de elevado contenido técnico, gracias a la acumulación de experiencias a lo largo de miles de años. Asociar el almacenaje con la política actual de implantar reservas reguladoras debe llevar a conservar científicamente los granos, y a solucionar múltiples factores físicos, químicos y biológicos que se encuentran íntimamente conectados con esta compleja actividad.

La palabra almacén proviene del árabe “Almazahan”, que significa el depósito o guardar. Se puede añadir que la ciencia del almacenamiento es la Apotecología (del griego “Apotecos”, guardar y “logos”, ciencia o tratado).

Los granos almacenados se consideran como una masa porosa, constituida por los mismos granos y el aire. Constituyen un material biológico vivo, que usa el oxígeno del aire que se encuentra en los espacios intragranulares, dejando libre el gas carbónico y calor. Por ello, tienden a deteriorarse por un proceso natural. Bajo condiciones ambientales favorables a la actividad metabólica, el fenómeno de la respiración se transforma en el principal agente responsable del deterioro. Este deterioro puede evaluarse, en muchos casos, a través de la pérdida del vigor de las semillas, desarrollo de hongos, pérdida de capacidad de germinación, incremento de la acidez, endurecimiento y pérdida de la calidad para su comercialización.

El almacenaje de los granos puede verse afectado por los siguientes factores: Uso de semillas no seleccionadas, condiciones adversas durante la cosecha, enfermedades durante el cultivo, daños mecánicos en la cosecha, limpieza,

transporte, secado inadecuado o inoportuno, mal manejo del grano en el almacén, conservación inadecuada y ataque de plagas de insectos.

Los insectos que atacan los granos almacenados tienen características propias que los distinguen de los que se encuentran en la mayor parte de los cultivos, estos insectos son pequeños, prefieren los sitios oscuros, son capaces de esconderse en grietas muy reducidas y se caracterizan por su elevada capacidad de reproducción, lo que permite que pocos insectos formen una población considerable en muy poco tiempo. Una pequeña infestación inicial pueda dañar dentro de pocos meses una gran cantidad de granos almacenados.

Dentro del contexto de la conservación y protección de los granos almacenados, se mencionaran aquí los métodos y técnicas para un control eficiente de los insectos de almacén, principal mente por el método de control químico.

La fumigación de mercancías almacenadas, es un método de control químico que se usa para protegerlas del daño que causan los insectos. La fumigación como un control químico no contamina el producto comercial.

Los fumigantes a base de fosfuros metálicos, actúan por medio de hidrólisis al entrar en contacto con la humedad atmosférica para producir fosfuro de hidrogeno en forma de gas extremadamente tóxico para cualquier tipo de vida animal de sangre fría o de sangre caliente. Los comprimidos y perdigones tienen fosfuro de aluminio y fosfuro de magnesio como ingrediente activo que libera fosfina al tener una reacción química.

Por lo tanto se hace necesario que durante el período de almacenaje, la conservación y la protección de los granos almacenados se realice de una manera segura, eficiente, técnicamente viable y económicamente factible. La importancia de la utilización del método de control químico para plagas de insectos en granos almacenados, es utilizado para frenar el daño causado por los insectos, frenar el deterioro de la calidad de los granos almacenados, o por

lo menos mantener un estándar lo más cerca de la calidad original con que entran al almacén, disminuir mermas o pérdidas en los granos y posteriormente para evitar el impacto en su valor comercial.

El principal objetivo consiste en dar a conocer los principales métodos de control químico de los diferentes tipos de grano, que son utilizados como productos o subproductos para el consumo animal como para el consumo humano, estos métodos consisten en controlar o eliminar las infestaciones de plagas en las unidades de almacenamiento.

El presente método de control químico para plagas de insectos en sus diferentes técnicas de aplicación, se podrán utilizar en el acondicionamiento de unidades de almacén, durante el almacenamiento, granos perfectamente almacenados y en granos que se encuentran en tránsito.

II. PRINCIPIOS BASICOS DE ALMACENAMIENTO Y CONSERVACIÓN DE LOS GRANOS.

A través de la historia, el hombre se ha visto en la necesidad de almacenar y preservar sus cosechas, la conservación y protección de los granos es la parte fundamental en el ámbito alimenticio, social y económico; comenzando a acumular reservas de una manera organizada, particularmente las de tipo alimenticio, se ha tratado de buscar los mejores medios para asegurar su subsistencia, ya que existen evidencias de que el almacenamiento y conservación de los granos data desde el período neolítico en la edad de piedra (8000 años A.C.). Actualmente esta práctica sigue jugando un papel de mucha importancia, porque la mayoría de los granos se almacenan antes de ser canalizados hacia las industrias alimentarias.

Existen varios métodos de almacenamiento, desde métodos utilizados por nuestros antepasados, que consistía en verter los granos en recipientes, rociar cal sobre ellos y taparlos con paja, también utilizaban los graneros hechos con madera para resguardar sus reservas de granos de la lluvia y de animales, hasta los métodos actuales más modernos, que consisten en infraestructuras simples hasta las más modernas y costosas. Los almacenes más utilizados en la actualidad son bodegas y silos de grandes dimensiones y que están diseñados para permitir que puedan aplicarse adecuadamente las medidas de conservación necesarias. El tipo de bodega depende del volumen por almacenar, condiciones climatológicas que imperan en la región, disponibilidad de recursos humanos, recursos económicos y además del mecanismo a utilizar. Para cualquiera que sea el tipo de método de almacenamiento que se use, hay ciertos principios o elementos en los que se está basando cualquier almacén, no importa el tamaño o de que este hecho, debe mantener la integridad del grano almacenado, esto consiste en mantener el grano fresco y seco, proteger al grano de los insectos, de las aves, de los roedores, proteger al grano de los hongos de almacén, mantener sus características nutritivas y mantener un estándar de calidad. La semilla o el grano mismo es un pequeño almacén natural, constituido principalmente de almidones, grasas, proteínas y algo de minerales, donde estos elementos sostendrán a la futura planta al

germinar (semilla) o que se utilizara como alimento (grano) para los animales y seres humanos que los consuman. Existe una diferencia entre sí, según su disposición final a que sean sometidos.

Semilla: Es un ovulo maduro, después de la fecundación; es el principal órgano reproductivo de la mayoría de las plantas superiores. El ser humano utiliza las semillas desde hace 15,000 años o más para siembra y con ello generar más plantas y semillas de su interés industrial y comercial. Este es el principio básico de la agricultura.

Grano: Alimento básico para muchos animales silvestres y en su mayoría animales domésticos, así como el consumo directo o indirecto para el ser humano, mediante métodos de transformación como la nixtamalización.

Los volúmenes de granos y semillas que son almacenados y conservados van en aumento cada día; por otro lado, estos productos demandan un manejo adecuado para conservar la calidad y el valor económico, agrícola e industrial hasta el momento de ser consumido. Para tener una buena conservación de los granos almacenados, es conveniente tener los conocimientos y elementos necesarios que nos ayudaran a tener un grano almacenado y en perfectas condiciones para su consumo o negociación.

2.1. Ambiente en precosecha y postcosecha.

El control de plagas, principal dolor de cabeza durante los almacenamientos, esto es por el desarrollo e infestación de plagas de insectos a los granos almacenados, estos insectos se desarrollan dentro del almacén, otros provienen de campo y la mayoría son insectos que provienen de otros almacenes. Se ha demostrado que los problemas de la presencia de plagas de insectos en el almacén, se deriva desde el cultivo y la cosecha en el campo. En la planta misma existe presencia de insectos y cuando el grano esta ya formado y va secando poco a poco en el campo, existen insectos de precosecha ahí presentes, estos a su vez perforan el pericarpio del grano depositando los huevecillos en el endospermo del grano, estos tapan la

perforación con una masa cerosa del color del grano, por lo cual pasa desapercibida la ovoposición de huevecillos en los granos por los insectos, que teniendo condiciones favorables de humedad y temperatura, estos insectos completan su desarrollo hasta terminar su ciclo de vida dentro del almacén, logrando así la infestación de granos almacenados. Otro método de infestación de los granos almacenados, es por la migración de los insectos de otros almacenes cercanos y los insectos que se encuentran el entorno del medio ambiente.

2.2. Acondicionamiento y saneamiento.

El acondicionamiento se enfoca a mantener limpia la unidad de almacenamiento y evitar que las plagas entren, esto es para considerar evitar una infestación de insectos en los granos almacenados, se debe considerar en limpiar minuciosamente cada rincón de toda área, cada estructura, cada equipo, patios, paredes y techo, retirando basura, polvo y residuos de los granos de cosechas anteriores. Toda esta basura con polvo y residuos de granos debe ser incinerada o tratada con algún insecticida, ya que seguramente esta basura estará infestada por insectos adultos, pupas, larvas y huevecillos, esta práctica se hace para evitar un rebrote de la infestación, tanto en la infraestructura del almacén como en la masa del granel. Algunos acondicionamientos podrán ser:

- Mantener la instalación limpia en el área del almacenamiento.
- Mantener las instalaciones libres de objetos inservibles.
- Colocar mallas en puertas, ventanas, ductos de ventilación.
- Colocar trampas anti insectos.

Después del acondicionamiento de un almacén que va hacer habilitado para almacenar algún grano, es conveniente identificar y eliminar las condiciones favorables para evitar al máximo que las plagas encuentren situaciones que ayuden a la supervivencia y reproducción, esto consiste en destruir todas y cada una de aquellas condiciones que sean favorables, la eliminación de estas condiciones favorables de los insectos, se puede lograr mediante lo siguiente.

- Eliminación de condiciones favorables dentro de las instalaciones, como calentamiento en el granel.
- Eliminación de focos de infección fuera de las instalaciones, tales como acumulaciones de granos, eliminación de maleza y charcos.
- Dar mantenimiento a las instalaciones sellando fisuras, grietas y otros sitios que puedan servir como escondite.
- Controlar la sanidad de los embarques que ingresan a las instalaciones.
- Mantener limpia la red de recolección de líquidos.

El Saneamiento procura mantener libre de plaga un área determinada, inmediatamente después de la limpieza se recomienda realizar el tratamiento sanitario, aplicando en todas las áreas algún insecticida en forma de aspersión, para prevenir que los insectos se acerquen o se reproduzcan dentro de la unidad de almacenamiento. Debe aplicarse también en elevadores, haciéndolos funcionar para asperjar cada canjilón. En silos y bodegas con buena hermetización puede además aplicarse nebulizado con el mismo insecticida, o algún fumigante, ya que siempre es difícil de alcanzar los techos u otros lugares donde no es fácil de acceder.

2.3. Limpieza del grano.

La limpieza de los productos agrícolas es una práctica adoptada hace miles de años y que poco ha cambiado desde entonces, mediante el proceso de cribado durante la cosecha misma y en algunas unidades previamente al almacenamiento de los granos. Existen varios sistemas para la limpieza de los granos, los más utilizados, tanto en pequeñas como en grandes propiedades son: Limpieza con viento, con zarandas manuales, con ventilador, con zarandas cilíndricas rotativas, con ventilador y zarandas, estos métodos de cribado tienen el mismo objetivo en común, de separar los materiales extraños del grano mismo, algunos con ventajas y otros con sus desventajas.

En el medio rural, los sistemas de limpieza son bastante rudimentarios; por lo general, las impurezas se separan por medio del viento, utilizando cernidores

manuales; este método es muy utilizado en la actualidad por los pequeños productores rurales, que tienen un bajo poder adquisitivo, este método de limpieza tiene la desventaja de que no elimina las impurezas o materias extrañas más pesadas, como arena, piedras, terrones etc., que caen junto con los granos.

Ocasionalmente en las unidades de almacenamiento o en las grandes propiedades agrícolas, donde se requiere limpiar grandes cantidades de granos utilizan equipos más complejos, como máquinas con sistemas de aspiración de aire y juego de mallas o zarandas. Estas máquinas tienen una alta capacidad para una eficiente limpieza, pero su operación es relativamente compleja. La diferencia entre máquinas de limpieza y pre-limpieza está determinada básicamente por la eficiencia de la separación. Las máquinas de limpieza tienen ventiladores más potentes, o un mayor número de zarandas con orificios, cuya dimensión se aproxima más al tamaño de los granos, lo que permite realizar una limpieza más eficiente.

Estando el grano almacenado, se debe establecer un programa de inspección, monitoreo y vigilancia para detectar cualquier anomalía que pueda afectar su calidad durante el almacenamiento, la frecuencia de las inspecciones serán a criterio del responsable de cada almacén, pudiendo ser diaria, semanal, mensual o inspecciones extraordinarias. Las verificaciones de calidad de los almacenes son de gran utilidad para conocer las condiciones del grano y del almacén como lo siguiente:

- Conocer el estado del grano almacenado (calidad física).
- Infestación de Plagas (presencia de plaga).
- Áreas con altas temperaturas (puntos calientes).
- Presencia de hongo (humedades altas).
- Apelmazamiento del grano.
- Identificación de goteras, escurrimientos o filtraciones de agua.

2.4. Secado de los granos.

Uno de los factores físicos que provocan grandes pérdidas en los granos es el alto contenido de humedad con el que provienen desde el campo y que están destinados a hacer almacenados, siendo más frecuente este fenómeno en regiones cálidas y húmedas en donde el grano, aunque se coseche con un contenido de humedad física y comercialmente apropiado (12-14%), los granos van a ganar o perder humedad durante el almacenamiento, debido al equilibrio psicométrico entre la cantidad de agua del grano y la del ambiente. El grano almacenado en ambientes húmedos tendera a aumentar su contenido de humedad y en ambientes secos tendera a perder o ceder humedad.

La importancia de realizar un adecuado secado del grano, lo cual ayudara a conservar el producto por más tiempo. El secado de los granos consiste en eliminar el excedente de humedad o agua libre del grano (agua de absorción y adsorción), lo cual se logra al evaporar y arrastrar dicha agua fuera de la masa de granos. El secado de los granos después de la cosecha puede hacerse de dos maneras: por secado natural y usando medios artificiales (secadoras).

El método de secado natural es generalmente utilizada por los pequeños productores del sector rural, que los realizan en solares y en patios donde provienen los vientos dominantes; El método de secado artificial es utilizada por medianas y grandes empresas que almacenan grandes volúmenes de grano. Los tipos de secadoras más diseñados y utilizados son las que utilizan combustibles fósiles para calentar el aire.

2.5. Aireación.

Consiste en forzar el paso del aire entre los espacios intragranulares de los granos almacenados, la aireación producida mediante maquinaria para ventilar es utilizada para modificar la temperatura del grano almacenado, no es propiamente un método de secado, aunque frecuentemente comprende el mismo equipo utilizado para el secado. La aireación de granos almacenados se efectúa para mantener la humedad requerida después de haber secado los

granos a los niveles de humedad adecuados. Las funciones principales de la aireación son: Enfriar el grano para reducir actividad reproductiva y desarrollo de insectos, desarrollo de hongos de almacén homogeneizar la temperatura en todo el almacén, para prevenir el movimiento de humedad, eliminar olores extraños o distintos al grano, ayuda a almacenar granos húmedos por periodos breves y puede utilizarse para recirculación de gases durante la aplicación de fumigantes.

La aireación fue utilizada como sustitución de las maniobras de movimiento del grano para eliminar focos de calentamiento, ya que antiguamente se utilizaba el esfuerzo humano mediante el “traspaleo” o volteo de los granos al presentarse o detectarse calentamientos, para mezclar los granos calientes con granos frescos y facilitar la ventilación durante el movimiento. Con el uso de los sistemas de aireación se evitan estos incrementos de temperatura y es posible conservar los granos por largos periodos de tiempo sin que sufran deterioro, además de que permite el manejo de mayores volúmenes de granos en los almacenes.

III. IDENTIFICACION Y CLASIFICACIÓN DE LOS INSECTOS QUE ATACAN LOS GRANOS ALMACENADOS.

Los insectos que dañan los granos almacenados, según su clasificación general son animales artrópodos, cuyo cuerpo está cubierto de un tegumento denominado exoesqueleto y está dividido en tres partes distintas: cabeza, tórax que a su vez está dividido: (en protórax, mesotórax y metatórax) y abdomen. En la cabeza están los órganos de los sentidos y el aparato bucal, mientras que el tórax contiene los tres pares de patas y las alas; en el abdomen están los órganos digestivos y respiratorios. Los insectos respiran a través de tráqueas que son pequeños tubos membranosos y ramificados que se comunican con el exterior por medio de orificios llamados estigmas.

Los insectos que atacan los granos almacenados pertenecen al orden de los Coleópteros (del griego “Koleos”: caja o estuche), son un orden de insectos con unas 375,000 especies descritas. Contiene más especies que cualquier otro

orden en todo el reino animal. Los coleópteros agrupan al mayor número de especies y son mayoritariamente Fitófagos, entre ellas algunas de las más importantes que atacan semillas y productos almacenados. Los coleópteros se caracterizan por tener dos elitros córneos, estas son duras, son el primer par de alas, estas alas cubren todo o parte del abdomen; el segundo par de alas son membranosas, están plegadas bajo los élitros y por lo general algunos les sirven para volar. A este orden pertenecen gran parte de los escarabajos llamados "gorgojos". Las larvas y adultos de los gorgojos poseen aparato bucal masticador.

Los escarabajos o "gorgojos" son resistentes a diferentes condiciones de temperatura y humedad, son de tamaño pequeño lo que les permite movilizarse en los reducidos espacios que existen entre los granos, así como en las grandes profundidades de los silos, donde los granos se encuentran sometidos a grandes presiones.

En el orden de los Lepidópteros que ocupan el segundo lugar con mayor tipos de su especie, pertenecen los insectos que tienen boca chupadora constituida por una trompa que se desarrolla en espiral, y cuatro alas cubiertas de escamitas imbricadas(mariposas, polillas), tienen metamorfosis completa, en el estado de larva reciben el nombre de oruga y son masticadores.

Las palomillas o polillas son frágiles y, por lo general, permanecen sobre la superficie de la masa de granos debido a su incapacidad de penetrar en ella, por lo que causan menores daños que los gorgojos o escarabajos.

Todos los insectos que infestan los granos almacenados se caracterizan por su alta capacidad de proliferación y se clasifican en tres categorías principales: insectos primarios, insectos secundarios e insectos terciarios, esto es por su tipo de alimentación o el daño que ocasionan a los granos, siendo las dos primeras clasificaciones de mayor importancia por causar daños directamente a los granos enteros.

3.1. Insectos primarios:

Los insectos primarios tienen la capacidad de atacar los granos enteros y sanos. Algunos insectos que pertenecen a este grupo pasan sus etapas inmaduras en el interior del grano y sólo los adultos pueden ser observados en la superficie. Otro grupo de insectos primarios vive y se desarrolla afuera de los granos y se alimenta del embrión o germen.

Estos insectos son capaces de perforar el pericarpio del grano con su aparato bucal al alimentarse y al ovopositor, la hembra introduce los huevecillos al interior del grano y cubre la perforación con una sustancia serosa de color similar al grano; al emerger la larva del huevo y dentro del grano, esta se empieza a alimentar del endospermo harinoso del grano mismo, esto es por tener presente su aparato bucal en su estado larvario. Las pupas y los insectos adultos son los que causan el mayor daño por tener perfectamente definido su aparato bucal, estos insectos primarios merman el grano y lo dejan expuesto al ataque de otros insectos secundarios, terciarios y microorganismos. Los insectos primarios más importantes que atacan los granos monocotiledones y dicotiledones son:

3.1.1. Gorgojo o picudo del trigo: *Sitophilus Granarius*



Figura 1: *Sitophilus Granarius*

Cabeza de forma oblonga, ojos angostos, provisto de un mal llamado “pico” o proboscis bien definida y antenas acomodadas, protórax cubierto con depresiones o fosetas ovaladas, con alas anteriores o elitros con costillas longitudinales, carece de alas posteriores, por lo que no puede volar, el adulto mide entre 3 a 4 mm, de color café oscuro a negro, sin manchas en los elitros.

3.1.2. Gorgojo o picudo cuatro manchas: *Sitophilus Zeamais*



Figura 2: Sitophilus Zeamais

De apariencia muy similar al gorgojo del trigo, con la cabeza provista de una proboscis larga, aunque los ojos oblongos son mayores, tórax está cubierto con depresiones o fosetas circulares, elitros con fosetas y con 4 manchas claras o amarillentas, cuenta con alas posteriores, por lo cual puede volar, el adulto medirá entre 2.5 y 4 mm, ligeramente menores que el del trigo.

3.1.3. Gorgojo o picudo del arroz: *Sitophilus Oryzae*



Figura 3: Sitophilus Oryzae

Muy similar al gorgojo del maíz, el tórax está cubierto con fosetas circulares en su parte media sin fosetas, elitros con fosetas cuadrangulares sin costillas, el adulto mide 2.3 a 2.4 mm de color café rojizo a negro y tiene 4 manchas claras o amarillas sobre los élitros, pose alas posteriores y también vuela.

3.1.4. Gorgojo grande o barrenador mayor: *Prostephanus Truncatus*



Figura 4: Prosthepanus Truncatus

Cabeza retráctil dentro del protórax, con dientecillos al frente como corona y tubérculos aplanados en el resto de la superficie, antenas con su último segmento más grande que los otros dos, adultos de 3 a 5 mm, cuerpo en forma cilíndrica prolongado, poca actividad reproductiva, puede volar, abdomen en su parte posterior truncada, elitros con característica propia con un borde o joroba.

3.1.5. Gorgojo pequeño barrenador menor: *Rhyzopertha Dominica*

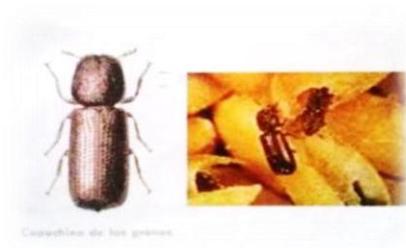


Figura 5: Rhyzopertha Dominica

Con el cuerpo de forma cilíndrica, alargado, con la parte posterior redonda y ligeramente truncada, cabeza retráctil (retraer-ocultar) dentro del protórax, antena de 3 segmentos, protórax trapezoidal y rugoso en la parte superior como crestas o picos, es capaz de volar, el adulto mide de 2.5 a 3.5 mm, es de color castaño a café oscuro, alta actividad reproductiva.

3.1.6. Gorgojo del frijol: *Acanthoscelides Obtectus*



Figura 6: *Acanthoscelides Obtectus*

Cuerpo ovalado de color café claro, son de antenas largas ligeramente hacia el frente, tórax más ancho en su parte de atrás con dirección hacia el abdomen, elitros grandes con foseas longitudinales y con cuatro pequeñas manchas, abdomen grande con su parte posterior redonda, patas largas de cinco segmentos.

3.1.7. Gorgojo del frijol: *Zabrotes Subfasciatus*



Figura 7: *Zabrotes Subfasciatus*

Cabeza pequeña retráctil, tórax ancho en su parte inferior, de color rojizo, antenas largas ligeramente hacia atrás, patas cortas, dos elitros pequeños que cubren parcialmente el abdomen con cuatro mancha horizontales, abdomen grande y en su parte posterior redonda.

3.1.8. Palomilla dorada de los cereales: *Sitotroga Cerealella* (Olivier)

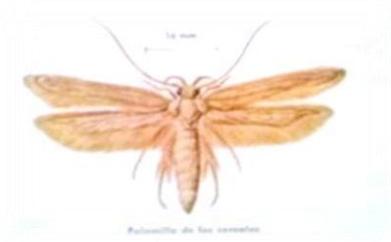


Figura 8: Sitotroga Cerealella

Se distingue de otras palomillas por las marcas de sus alas anteriores, que son de color café rojizo o cobrizo en 2/3 externos, mientras que en el primer tercio es de color canela o amarillenta, sus alas anteriores y posteriores ligeramente en pico, generalmente mide 18mm de ancho con las alas extendidas, palpos labiales cortos, puntiagudos y directamente al frente.

3.1.9. Palomilla tropical de los almacenes: *Ephestia Cautella* (cadra)



Figura 9: Ephestia cautella

Tiene Alas anteriores de 15 a 20mm., de color gris pardo, alas anteriores y posteriores con un fleco de pelos cortos, sus puntas están redonda, palpos labiales cortos, curvados frente a la cabeza y relativamente redondeados en la punta.

3.2. Insectos secundarios:

Los insectos secundarios son aquellos que no consiguen atacar granos sanos y enteros, atacan principalmente granos quebrados, granos picados, esto es por no tener la capacidad de perforar los granos, atacan las partes blandas del grano como el germen y se alimentan principalmente de partículas de granos, polvos y almidones harinosos que quedan después del ataque de los insectos primarios.

Mediante cribas se puede separar gran parte de estos insectos. Los más comunes son:

3.2.1. Gorgojo aserrado o dientes de sierra: *Oryzaephilus Surinamensis*

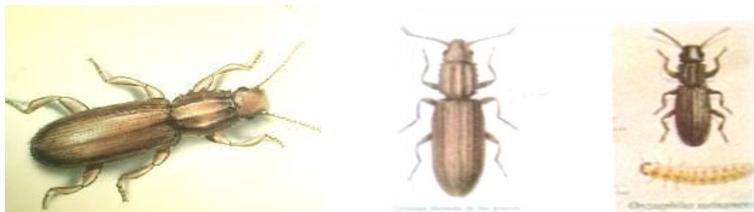


Figura 10: *Oryzaephilus Surinamensis*

Cuerpo angosto y aplanado, antenas delgadas con los últimos dos segmentos engrosados, tórax más largo que ancho con tres protuberancias longitudinales y 6 grandes picos en cada costado lateral, puede volar y caminar velozmente en el grano, parte posterior del abdomen ligeramente en pico, el adulto mide de 2.5 a 3.5mm., es de color café oscuro a casi negro y algo peludo.

3.2.2. Gorgojo achatado de los granos: *Cryptolestes Ferrugines*



Figura 11: *Cryptolestes Ferrugines*

Cuerpo aplanado de forma oblonga, con de antenas largas y delgadas $\frac{2}{3}$ del tamaño del cuerpo, siempre extendidas hacia el frente, tórax más ancho en la parte de enfrente con dirección hacia la cabeza, alta capacidad reproductiva, el adulto generalmente mide 1.5 a 2.0 mm, es de color café rojizo claro.

3.2.3. Gorgojo castaño o rojo de la harina: *Tribolium Castaneum*



Figura 12: *Tribolium Castaneum*

De apariencia similar al *Tribolium confusum*, los ojos se miran más grandes y mucho menos separados, el protórax esta densamente poblado con puntos diminutos y los élitros con bandas longitudinales difícil de ver a simple vista; presenta sus alas posteriores y es capaz de volar, el adulto mide 3 a 4mm., y es de color café rojizo brillante.

3.2.4. Gorgojo confuso de la harina: *Tribolium Confusum*



Figura 13: Tribolium Confusum

Cuerpo de forma oblongo regular y ligeramente plano, con antenas que se ensanchan gradualmente de la base a los extremos, ojos pequeños y muy separados, protórax densamente cubierto con puntos diminutos y los élitros con bandas longitudinales difíciles de ver a simple vista, no cuenta con alas posteriores, es de color café rojizo brillante, el adulto mide de 4 a 5mm.

3.2.5. Gorgojo grande negro: *Tenebroides Mauritanicus*



Figura 14: Tenebroides Mauritanicus

Los últimos extremos de la antena son más grande, el protórax y la cabeza separados del cuerpo por un pedicelo o región muy delgada, el adulto mide de 6-12mm, es de color rojizo o negro, cuerpo alargado y aplanado, elitros con surcos longitudinales con puntos entre estos, tienen baja capacidad reproductiva.

3.2.6. Gorgojo negro de la harina: *Tenebrio Molitor*

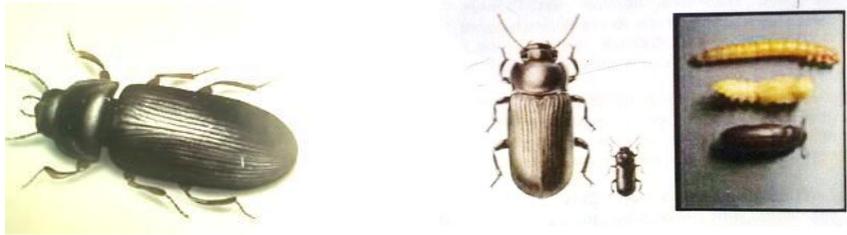


Figura 15: Tenebrio Molitor

Antenas filiformes (apariencia de hilo), la cabeza sobresale del protórax, el protórax tiene forma de caparazón o escudo, el adulto mide 14mm y de color negro, alas desarrolladas y elitros con surcos longitudinales y tienen baja capacidad reproductiva.

3.2.7. Palomilla de la harina o del mediterráneo: *Ephestia Anagasta*



Figura 16: Ephestia Anagasta

Sus alas anteriores de color gris plumizo, con bandas negras transversales, alas posteriores anchas de color blanco sucio o gris pálido, con una banda de pelos de tamaño reducido, mide 15 a 25 mm, con alas extendidas, predomina el gris de sus alas anteriores, palpos labiales cortos frente a la cabeza, curvados hacia arriba. Puntas más o menos redondeadas.

3.2.8. Palomilla bandeada de las harinas: *Plodia Interpunctella*



Figura 17: *Plodia Interpunctella*

Se distingue de otras palomillas por las marcas de sus alas anteriores, que son de color café rojizo o cobrizo en los dos tercios externos, mientras que en el primer tercio es de color canela claro o ligeramente amarillento; alas posteriores de un color blanco sucio, generalmente mide 18 mm de ancho con las alas extendidas, palpos labiales corto, puntiagudos y directamente al frente.

3.3. Insectos terciarios:

Los insectos terciarios no dañan directamente granos quebrados, enteros y sanos, se consideran insectos Micófagos y Fungívoros por que se alimentan principalmente de residuos de granos, polvos, esporas de hongos que se desarrollan en los granos húmedos y de otros materiales; su afectación no es tan directa al grano, pero por sanidad y abundancia deben controlarse. Aparecen cuando el producto ha estado almacenado en ambiente de mala conservación, mala sanidad y en granos que ya fueron afectados por insectos primarios y secundarios, estos insectos son resistentes a las alta temperaturas.

3.3.1. Acaro: *Psocoptera*

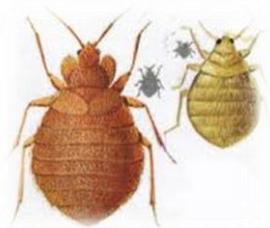


Figura 18: Psocoptera

Antenas grandes hacia enfrente, cabeza chica, con ojos grandes y separados, abdomen grande y ventriculado, de color blanco a amarillento es considerado también como plaga terciaria por su gran resistencia a los insecticidas y fumigantes.

IV. BIOLOGÍA Y CONDUCTA DE LOS INSECTOS DE ALMACÉN.

La necesidad de satisfacer sus requerimientos alimenticios es la razón principal, por la cual los insectos invaden a los granos almacenados, donde además con frecuencia encuentran las condiciones ambientales más favorables para desarrollarse. Antes de poder implementar cualquier método de control de plagas de insectos, es necesario conocer sus características, hábitos y comportamientos, lo cual será de gran ayuda para aplicar las medidas más adecuadas de control que resulten más prácticas y efectivas.

Algunas características, hábitos y comportamientos son similares entre insectos aunque sean de diferente especie, pero que son del mismo género o de la misma familia; la descripción será de manera general, considerando aspectos relevantes para su identificación y control.

4.1. *Sitophilus Granarius*, *Sitophilus Zeamais* y *Sitophilus Oryzae*.

Hábitos: El picudo cuatro manchas es más abundante en los climas tropicales, mientras que el picudo de los graneros lo es en las áreas más frías. A veces estas especies se encuentran asociadas en los granos. Los adultos se localizan en cualquier parte del grano, de los envases, de la bodega y aun en la

vegetación circundante a la bodega, pero su desarrollo de huevecillo, larva y pupa es solamente en el interior del grano.

Productos que dañan: Atacan de preferencia los cereales pequeños. No atacan al frijol. Los adultos atacan semillas enteras. Las larvas viven dentro de semillas enteras, rotas o pedazos de ellas de tamaño suficiente para albergarse.

Daño que causa: El daño principal es causado por las larvas, que consumen el endospermo en su totalidad, dejando el grano hueco o “picado”.

Biología: Las hembras hacen perforaciones en el grano con las mandíbulas, para depositar sus huevecillos en ellas, y tapando los orificios con una sustancia gelatinosa del mismo color que la testa del grano infestado, por lo que es muy difícil ver estas perforaciones a simple vista, solo se logra observarlas con tinciones especializadas. Las formas inmaduras se desarrollan solamente dentro del grano, la duración total del ciclo de desarrollo varía de cuatro a seis semanas, en condiciones óptimas de temperatura (27⁰c) y humedad relativa (60%), reproduciéndose y logrando 2 a 3 generaciones al año.

4.2. Prostephanus Truncatus y Rhyzopertha Dominica.

Hábitos: Ambas especies son de hábitos similares, pueden volar y causan infestaciones de importancia, causan perforaciones al grano, envases de cartón y materiales diversos, las formas inmaduras cuentan con patas torácica y al emerger del huevecillo atacan inmediatamente a los granos.

Productos que dañan: Los adultos dañan tanto el germen como el resto del grano y tienen cierta preferencia por el trigo (Rhyzopertha) y maíz (Prostephanus), aunque infestan a la mayoría de los cereales desde el campo al almacén. No atacan frijol, lenteja ni soya.

Daños que causan: Los adultos barrenan y hacen túneles en los granos, produciendo abundante polvo o residuos. Las larvas comen el interior del grano dejando solo la testa-pericarpio.

Biología: Las hembras depositan sus huevecillos dentro de las galerías que realizan en los granos, las formas inmaduras son larvas pequeñas de color blanco en forma de "C", con los segmentos torácicos muy desarrollados y que viven dentro del grano o dentro del polvo de este, la duración total del ciclo de desarrollo varía de 4 a 6 semanas, de acuerdo a las condiciones de temperatura y humedad, se reproducen constantemente durante el año.

4.3. Acanthoscelides Obtectus y Zabrotes Subfasciatus.

Hábitos: Estos insectos no cuentan con sus alas posteriores, por lo que no pueden volar, estas plagas causan infestaciones de importancia, en su estado larvario atacan inmediatamente a los granos dicotiledones.

Productos que dañan: Tienen preferencia por los granos de frijol, dañan el endospermo y germen.

Daños que causan: Las larvas comen el interior del grano y los adultos causan perforaciones en el pericarpio.

Biología: Su ciclo de desarrollo varía de las 4 a 6 semanas, se reproducen y desarrollan constantemente durante el año.

4.4. Sitotroga Cerealella y Ephestia Cautella.

Hábitos: Son plagas de importancia económica, ya que fácilmente se adaptan a los diferentes tipos de alimento, de ahí su distribución mundial. En México se encuentran distribuidas en todo el país, especialmente en las regiones tropicales y subtropicales.

Productos que dañan: Dada su diversificación de hábitos alimenticios, han sido reportadas alimentándose de granos como trigo, arroz, maíz, cebada, etc., y en todos ellos la larva tiene preferencia por la parte del germen. Además atacan a otros productos alimenticios como al embrión de la nuez, frutas secas salvado, etc.

Daños que causan: Las larvas de *Sitotroga cerealella* y *Ephestia cautella* son plagas primarias de los granos, completan su desarrollo hasta llegar a adulto dentro del grano y sufrir una metamorfosis completa.

Biología: Las hembras depositan sus huevecillos aislados o en grupos sobre materiales alimenticios. Cada hembra ovípara de 40 a 350 huevecillos. Los cuales son pequeños óvalos de color blanco grisáceo. El periodo de incubación varía de entre 1 a 12 semanas. Las larvas a pocas horas después de haber emergido, empiezan a alimentarse de los materiales a su alcance. Requieren más o menos de 20 a 45 días para completar su ciclo biológico bajo condiciones favorables de humedad y temperatura. Pueden presentarse de 5 o 6 generaciones anuales.

4.5. *Oryzaephilus Surinamensis* y *Cryptolestes*.

Hábitos: Ambas especies se encuentran atacando productos y subproductos almacenados. Están ampliamente distribuidos en todo el país, los adultos y larvas se alimentan desde afuera del grano, ambas especies pueden volar y caminan con rapidez sobre el grano.

Productos que dañan: Atacan los productos y subproductos de los cereales, las larvas son de color blanco y atacan a los granos que se encuentran dañados.

Daños que causan: Atacan y contaminan con sus excrementos y restos orgánicos todos los productos que invaden; causan graves daños en granos en los que abundan los granos quebrados y granos dañados por otros insectos o productos alimenticios fuera de condición.

Biología: Las hembras depositan sus huevecillos libremente en las hendiduras del grano dañado y entre las impurezas, si tienen condiciones favorables de temperatura y humedad tardan para llegar a su desarrollo de 4 a 5 semanas.

4.6. *Tribolium Castaneum* y *Tribolium Confusum*.

Hábitos: Ambas especies se encuentran en cualquier clima donde se almacena grano y sus derivados. Los adultos y formas inmaduras son de vida libre. Raramente vuelan.

Productos que dañan: Atacan de preferencia grano quebrado, sucio o dañado por otros insectos. Viven en impurezas, productos elaborados.

Daños que causan: Contaminan productos elaborados de grano, como las harinas y en el caso de *T. Castaneum*, ocasiona daños al grano mismo. Este último tipo de daño lo hacen consumiendo el grano de a fuera hacia a dentro. Estas especies se incrementan más fácilmente y causan mayor daño en granos sucios y quebrados que en los limpios y enteros. Además de los granos y sus derivados, atacan gran diversidad de productos almacenados.

Biología: Las hembras depositan sus huevecillos libremente sobre granos enteros y sobre restos de desperdicios. Las formas inmaduras son larvas pequeñas de color blanco a pajizo que viven entre los productos y desperdicio del grano, la duración total del ciclo de desarrollo varía de 4 a 6 semanas, de acuerdo a las condiciones de temperatura y humedad. Se reproducen y desarrollan abundantemente durante todo el año.

4.7. *Tenebroides Mauritanicus* y *Tenebrio Molitor*.

Hábitos: el gorgojo grande también se conoce como “la cadela” y es uno de los insectos más grandes que atacan los granos almacenados; en ocasiones llega a ser una plaga muy importante en los almacenes. Es una plaga de distribución mundial, generalmente vive en los lugares oscuros, en las esquinas u otros sitios en donde ahí acumulación de desperdicios.

Productos que dañan: el gorgojo grande e alimenta de granos y semillas, teniendo preferencia por el embrión comiendo solo la parte más suave del grano, mientras que el gorgojo negro prefiere los cereales en malas condiciones como harinas, alimento molido y salvado.

Daños que causan: T. Mauritanicus hace hoyos en los sacos de harina, envases de cartón y hasta en madera de los almacenes. T. Molitor contamina el producto con sus secreciones y es un voraz comedor de subproductos.

Biología: las hembras del gorgojo grande depositan sus huevecillos cerca o sobre los materiales alimenticios, debajo de cartones, en ranuras o cualquier lugar protegido. Los huevecillos son colocados en grupos de 10 a 60, el T. Mauritanicus requiere un promedio de incubación de 7 a 14 días y la pupa permanece de 8 a 25 días y el T. Molitor requiere un periodo de incubación de 7 a 10 días, en el estado larvario de 6 a 9 meses, la pupa de 6 a 18 días. Requiere de 200 días para completar su desarrollo.

4.8. *Plodia interpunctella* y *Ephestia anagasta*.

Hábitos: Ambas especies se encuentran en todo el país y en el mundo, se alimentan de harinas y molinos.

Productos que dañan: Las larvas atacan a los granos y sus productos. La palomilla de los almacenes prefiere el trigo y los cereales enteros, mientras que estas prefieren los productos molidos y secos aunque también se les encuentran en los granos.

Daños que causan: Las larvas destruyen el grano y sus contaminaciones son abundantes, causando sabor agrio en el grano y en las harinas, se consideran plagas secundarias de los granos secos y sanos y plaga primaria de las harinas.

Biología: Ambas especies depositan cientos de huevecillos sobre y cerca del grano o en la harina, o dejándolos caer por la trama entre las fibras de los

sacos de yute. Las larvas viven entre los granos, harinas, sobre costales y empaques. Completan su ciclo de vida aproximadamente en 4 a 5 semanas en condiciones favorables de humedad y temperatura.

V. PRINCIPALES MÉTODOS DE CONTROL DE INSECTOS DE ALMACÉN.

Las plagas son organismos que dañan los granos almacenados y posteriormente la economía del hombre y además son fuente de molestia para el mismo. Cuando fallan las diferentes técnicas de conservación, tales como trabajos previos de acondicionamiento, saneamiento, conservación, aireación y monitoreo constante de mercancías, es muy probable de que tengamos una infestación de plaga de insectos en los granos almacenados, para esto es conveniente seleccionar un método adecuado de control de sanidad.

Un método de control de plagas es cualquier acción que se efectuó para eliminar o reducir la densidad de población de la plaga y así también reducir los daños que ocasionan al grano.

Existe una gran cantidad de métodos de control de plagas y cada uno de ellos tiene ventajas y desventajas, por lo cual deben seleccionarse cuidadosamente para utilizar solamente sus ventajas y evitar en lo posible sus desventajas, sobre todo ecológicas. Algunos tienen actividad temporal y no predecible, otros son más lentos en su actividad, pero relativamente permanentes en sus efectos. Los principales métodos de control de plagas son los siguientes:

5.1. Método Legislativo.

También conocido como método de control regulatorio, se basa en la prevención del ataque de plagas, el control legal es la acción de legislar o prevenir el daño por plagas. Incluye el establecimiento de estaciones de vigilancia que garanticen la no introducción de plagas por las aduanas principales de nuestro país. Usualmente las estaciones están localizadas en los límites internacionales y en puntos estratégicos dentro de nuestro país.

El objetivo principal es prevenir la introducción y diseminación de plagas cuarentenarias de productos o subproductos alimenticios que son de importación y que se mueven en un área o país, donde intervienen dependencias de gobierno y son quienes determinan el tipo de tratamiento y producto químico a utilizar. La cuarentena impuesta al transporte de granos infestados, comprende la prohibición, restricción y aislamiento preventivo a que se somete durante un periodo de tiempo por razones sanitarias. Cada país aplica sus controles con acciones como las siguientes:

- Emisión de autorización para importación con los requisitos fitosanitarios establecidos.
- Inspección en puntos de entrada de productos vegetales y muestreos.
- Aplicación de medidas cuarentenarias respectivas (tratamientos-orden de servicios fitosanitarios).

5.2. Mecánico y físico.

El mecánico se refiere a métodos o procedimientos comunes para controlar plaga en forma directa, con el auxilio de maquinaria, se podrán utilizar trampas o cribas.

El físico se refiere a todas las medidas utilizadas para modificar el medio ambiente que rodea a la plaga (humedad y temperatura del grano), de tal manera que se dificulte su desarrollo normal. La acción o el equipo a usar se dirigen en forma indirecta contra la plaga que se pretende controlar.

5.3. Polvos abrasivos.

Productos orgánicos, basados en la remoción de la capa de cera de la cutícula del insecto, lo que causa la muerte por deshidratación. Las sustancias más usadas son la sílica en jalea, el magnesio calcinado y las arcillas.

5.4. Radiación.

Energía ondulatoria o flujo de partículas con suficiente energía para producir ionizaciones a los tejidos o moléculas que atraviesa. Se han utilizado radiaciones de varios tipos con la finalidad de evitar o reducir las infestaciones de insectos plaga de los granos almacenados. La radiación gamma con cobalto 60 como fuente radiactiva es el método más común para irradiar alimentos pudiendo penetrar alimentos sólidos entre 25 a 50mm.

5.5. Almacenaje hermético.

Esta técnica es preferible usar en almacenes tipo silos, ya que esta técnica consiste en no permitir que haya entrada de aire al interior del almacén o área del granel. Los granos e insectos consumen el oxígeno presente y lo sustituyen por el CO₂, muriendo los insectos por asfixia.

5.6. Transilaje.

Los insectos necesitan un ambiente adecuado donde desarrollarse, estos son los puntos calientes del grano. Por lo cual el transilaje consiste en mover el grano de un silo a otro por medios mecánicos o manuales, esta acción reducirá la temperatura y dispersa la humedad acumulada en estos puntos calientes.

5.7. Método Biológico.

El control biológico se describe como la regulación de la población de la plaga por enemigos naturales, tales como paracitos, depredadores y patógenos. Esto incluye control biológico natural y el inducido por el hombre a través de la importación, cría y liberación de enemigos naturales. De esto se desprende que para algunas especies de plagas, el control biológico no funcionara y en otras será un buen método de control. La tendencia actual es buscar insectos más grandes como microhimenópteros que actúen como depredadores de la plaga en cualquier estado, ya sea parasitándolo o comiéndolo.

5.8. Método frío.

Este método, si bien no es una técnica nueva, ha cobrado importancia recientemente, sobre todo en Brasil, consiste en insuflar aire frío (producido artificialmente) a través de la masa de granos almacenada tanto en silos convencionales, como celdas, el proceso es interrumpido cuando la temperatura de los granos se encuentra entre 14 y 17°C, el frío es conducido por el sistema de aireación sin utilizar el ventilador, el proceso puede durar horas, días o semanas, en función del tamaño de los silos, potencia de la máquina, producto a enfriar, localización geográfica y principalmente del diseño de los ductos de aireación, la temperatura se mantendrá estable por varios meses dependiendo de las condiciones climáticas y de la estructura de almacenaje.

5.9. Ozonificación.

El ozono es un gas de color azul pálido de olor fuerte y altamente tóxico para las diferentes formas de vida. Se ha determinado que el ozono puede eliminar los insectos sin dañar la calidad de los alimentos tratados y además no daña el medio ambiente. El ozono para el control de insectos se usa en bajas dosis, pero suficiente como para eliminar los insectos.

5.10. Feromonas.

Sustancias de naturaleza hormonal que se utilizan para alterar el comportamiento de los insectos plaga en sus hábitos sexuales. Se usan en monitoreo y para reducir la cópula por alteración del medio.

5.1.1. Método Químico.

Consiste en la utilización de sustancias químicas o mezcla de sustancias para repeler, controlar, eliminar o mitigar cualquier tipo de vida que sea nociva para la salud, los bienes del hombre y del ambiente. Es el método más utilizado en la actualidad y se considera plaguicida.

Las ventajas de la utilización de productos químicos es que son más prácticos a la hora de ser aplicados, tiene una alta eficiencia sobre las plagas de granos almacenados. Las principales desventajas del control químico son, entre otras, que el efecto no es permanente a pesar de que algunos productos pudieran tener alta residualidad, puede haber riesgos de explosiones, residuos y toxicidad en el momento de la aplicación, y además causa resistencia de los insectos a determinados productos.

5.1.1.1. Productos químicos que se utilizan como fumigantes.

En el control químico se utilizan fumigantes que dependiendo de su presentación comercial, algunos reaccionan mediante la hidrólisis para transformarse en gas y otros son gas bajo presión, que a final de cuentas en ambos casos se convierten en un gas extremadamente tóxico; posiblemente el primer producto comercial que se utilizó como fumigante fue el Cianuro de hidrógeno, siendo sustituido por otros productos, algunos productos químicos ya fueron descontinuados por su contaminación a la atmosfera, otros están por ser descontinuados y también se citan los productos químicos más utilizados en fumigaciones y los más conocidos son los siguiente:

☒ **Óxidos y Aldehídos:** Óxido de Etileno.
Óxido de Propileno.
Formaldehidos y Acroleína.

Los óxidos son compuestos que se utilizan a partir de la oxidación de metales o metaloides y los Aldehídos son compuestos utilizados a partir de la oxidación de ciertos alcoholes.

☒ **Alocarburos:** Tetracloruros de Carbono.
Cloruro de Etileno.
Bromuro de Metilo.

Estos Alocarburos son gases con una alta eficiencia en su toxicidad, la mayoría están restringidos por su alta contaminación a la atmosfera, estos productos químicos liberan Clorofluorocarbono (C.F.C.).

☒ **Compuestos de Azufre y Fosfuros:** Dióxido de Azufre.
Disulfuro de Carbono.
Fosfuro de Zinc.
Fosfuro de Aluminio.
Fosfuro de Magnesio.

Los compuestos de Azufre se utilizan más en tratamientos para combatir diferentes tipos de hongos. El fosfuro de Zinc es utilizado principalmente como un rodenticida, esta federalmente aprobado como veneno de ratas, este producto reacciona con los líquidos estomacales liberando fosfina, destruyendo células del torrente sanguíneo y de órganos vitales, muriendo por derrames e infarto. Los compuestos de fosfuro de Aluminio y Magnesio, estos compuestos químicos reaccionan al contacto con la atmosfera liberando gas extremadamente toxico (fosfina) y son utilizados en el control de plagas de los diferentes granos almacenados.

VI. FACTORES QUE INFLUYEN EN EL CONTROL QUÍMICO.

6.1. Impurezas de los granos almacenados.

Las impurezas que normalmente se encuentran en los productos agrícolas almacenados, por lo general son fragmentos provenientes de la propia planta, como rastrojos, hojas, trozos de granos, ramas, pajas, tamo, etc., estas son consideradas como impurezas finas, también existen otros tipos de impurezas que no provienen de la propia planta, a las cuales se les denomina impurezas gruesas y que generalmente están constituidas por semillas silvestres, parte de otras plantas, terrones, arena, piedras, vidrios, excretas de roedor.

Cuando existen presencia de impurezas en los granos almacenados, estas influyen directamente tapando lo espacios intragranulares, así dificultando el libre paso del aire por toda la masa del grano, influyen como capa permeable sobre los granos y dificulta el contacto de los granos con el insecticida, en forma de aspersión o nebulización, disminuye la difusión del fumigante, produce focos de infestación y calentamientos. En la comercialización de los granos, estas impurezas se ven reflejadas directamente en el análisis físico de

calidad, dependiendo de las normas de calidad a utilizar para las impurezas, estas nos mencionaran los rangos del porcentaje de impurezas por kilogramo: Impurezas mínimas 0.1-0.9 %, para impurezas optimas 1.0-2.0 %, impurezas máximas, mayor de 2.0 %. Lo ideal es 0.1 % de impurezas, pero es difícil conseguirlo. No existe el 0.0 % de impurezas.

6.2. Humedad y temperatura del grano.

Las diversas especies de los granos, son de naturaleza higroscópica; es decir su contenido de humedad varía de acuerdo a las condiciones de temperatura y humedad relativa del aire ambiental, el grano puede ganar o perder humedad. Mientras mayor sea el contenido de humedad y temperatura, aumentan los riesgos de perder calidad de los granos almacenados y se reducirá el tiempo de almacenamiento seguro.

La humedad es el contenido de agua en el grano, se expresara en porciento sobre la masa del grano. Existen rangos que nos ayudaran a tener un buen almacenamiento, según la humedad contenida en los granos: Humedad mínima entre 9.0 – 11.9 %, su humedad optima se encuentran entre los 12.0 – 14 % y las humedades máximas están entre los 14.1 – 16.5 %. Existen varios tipos de agua en el grano, siendo las dos primeras las que nos ayuda a tener una reacción de los fosfuros metálicos en un control químico para plagas de insectos en un almacén:

Agua libre: Humedad externa intergranular así como del micro y macroambiente. Importancia en el equilibrio de humedad del grano con el medio ambiente.

Agua de absorción: Sobre la superficie del grano, retenida por los microporos de la cubierta del grano.

Agua capilar: Entre los espacios intercelulares del grano, pero afuera de la célula.

Agua de solución: Dentro de las células vegetales del grano, diluyendo azúcares, sales, ácidos grasos, vitaminas y todo compuesto químico de la célula.

Agua de adsorción o ligada: Asociada molecularmente a proteínas, almidones y otros compuestos químicos.

Agua de composición: Asociada químicamente (atómicamente) a la materia del grano.

Nuestro grano tiene vida latente y por consiguiente respira y libera calor, al igual que al ganar humedad, su metabolismo aumenta y libera calor. Cuando mayor sea su temperatura y humedad, mayor resultara su nivel respiratorio y por lo tanto aumentara la liberación de calor, calentara aún más la masa del grano almacenado. También los insectos y los hongos de almacén que atacan al grano producen calor, a la vez que necesitan del mismo para subsistir y reproducirse.

Este proceso de calentamiento en la masa del grano, además de dañar directamente la calidad del grano, interviene en un mal funcionamiento de la fumigación, en esa parte de la masa caliente, además por elevada humedad y temperatura produce una reacción violenta del fumigante y posteriormente obtener resultados desastrosos por producir chispas, flama y explosiones.

Se sabe bien que la temperatura sobre algunos alimentos, en este caso los granos almacenados, se conservan mejor en un ambiente refrigerado que en un ambiente con temperaturas altas. Esta condición debe de ser monitoreada al igual que otras condiciones, ya que esta es de gran importancia por el hecho de que la mayoría de las reacciones químicas se aceleran o simplemente se llevan satisfactoriamente acabo en temperaturas ambientales de 25 a 30⁰c.

Una reacción química es más lenta en una atmosfera con temperaturas bajas entre 9⁰ a 5⁰ c y por consiguiente consiste en darle más tiempo a la reacción.

Los granos almacenados bajo condiciones de temperaturas altas, tienen una mayor posibilidad de deterioro que cuando están fríos.

Existen valores determinados del contenido de temperatura de los granos para tener un buen almacenamiento: Las temperaturas mínimas existen en los rangos de 5-12 °C, sus temperaturas óptimas están entre los valores de 13-22 °C y las temperaturas máximas están entre 23-45 °C. Cuando la temperatura es menor a 5°C., es conveniente suspender o simplemente no llevar a cabo el método de control químico por fumigación.



Figura 19 Barómetro y Termómetro

Es conveniente tener en cuenta los valores estándar de las temperaturas y humedades de los granos, ya que mediante estos valores es más conveniente hacer la aplicación del método químico, estos valores están considerados solo para los granos, ya que las temperaturas dentro y fuera del almacén pueden ser distintas; por consiguiente, teniendo presente estos valores estándar de temperatura y humedad del grano se llevara a cabo una buena reacción química de los fosfuro metálicos.

- ♦ Temperatura ideal 25 °c
- ♦ Humedad del grano 12 %

6.3. Humedad relativa del ambiente.

Es el vapor de agua que se encuentra mezclado con el aire del medio ambiente, será utilizado por los fosfuros metálicos para llevar a cabo su reacción, es necesario estar monitoreando este factor ambiental. La medición más frecuente para medir el contenido de vapor de agua en la atmosfera, es la medición de humedad relativa, que es la relación entre la cantidad de agua que

contiene el aire y la cantidad de agua que podría contener si estuviese saturado a la misma temperatura.

Si el aire lleva toda la cantidad de agua que puede contener, significa que su humedad relativa es del 100% y se considera como aire saturado, teniendo un 60% de la humedad relativa, esta es considerada como valor estándar para la aireación y para una fumigación, esto es porque no existe mucho vapor de agua en el medio ambiente que nos haga reaccionar rápidamente nuestro producto químico.

Humedad en equilibrio.

Para cada combinación de temperatura y humedad relativa del aire, existe un contenido de humedad del grano que se mantiene en equilibrio; ese contenido de humedad es denominado "humedad de equilibrio del grano". Se han determinado tablas con valores de contenido de humedad en equilibrio de los granos almacenados, para las distintas condiciones de temperatura y humedad relativa del medio ambiente.

Humedad en equilibrio.

<i>Humedad Relativa (%)</i>	<i>Temperatura (°C)</i>							
	5	10	15	20	25	30	35	40
5	3.9	3.6	3.4	3.2	3.0	2.8	2.6	2.4
10	6.2	5.8	5.5	5.1	4.8	4.6	4.3	6.0
15	7.2	7.3	6.8	6.5	6.1	5.8	5.5	5.2
20	8.7	8.2	7.8	7.4	7.0	6.7	6.4	6.0
25	9.4	9.0	8.5	8.1	7.8	7.4	7.1	6.7
30	10.0	9.6	9.2	8.8	8.4	8.0	7.7	7.3
35	10.5	10.1	9.7	9.3	8.9	8.6	8.2	7.9
40	11.1	10.6	10.2	9.8	9.4	9.1	8.7	8.4
45	11.6	11.2	10.8	10.4	10.0	9.6	9.3	8.9
50	12.2	11.8	11.3	10.9	10.5	10.2	9.8	9.5
55	12.8	12.4	12.0	11.6	11.2	10.8	10.4	10.0
60	13.6	13.1	12.7	12.2	11.8	11.4	11.0	10.7
65	14.4	13.9	13.4	13.0	12.6	12.1	11.7	11.4
70	15.3	14.8	14.3	13.8	13.4	13.0	12.5	12.1
75	16.4	15.9	15.3	14.8	14.4	13.9	13.5	13.0
80	17.7	17.1	16.6	16.0	15.5	15.0	14.5	14.1
85	19.2	18.6	18.0	17.4	16.8	16.3	15.8	15.3
90	21.1	20.4	19.8	19.1	18.5	17.9	17.3	16.7
95	23.5	22.7	21.9	21.2	20.5	19.8	19.1	18.5

Cuadro 1: Humedad en equilibrio

Mientras mayor sea el contenido de humedad y temperatura de los granos, aumentan los riesgos de perder calidad y se reduce el tiempo de almacenamiento seguro.

VII. PRODUCTOS Y TÉCNICAS UTILIZADAS PARA EL CONTROL DE INSECTOS POR MÉTODO QUÍMICO.

Los insecticidas y fumigantes son utilizados para el control de insectos en las diferentes técnicas del control químico. La aplicación de estos productos en granos almacenados no contamina ni daña la calidad del producto comercial, sino que lo libera de la infestación de insectos.

Entre estos dos productos químicos existen principales diferencias. Insecticida y fumigante son dos palabras que se usan generalmente como sinónimos, pero en realidad tienen unas funciones muy diversas. Con el fin de seleccionar debidamente el producto para un control sanitario, es necesario conocer las diferencias entre estos dos términos.

Insecticida: Es un producto químico, líquido o en polvo que se utiliza para un control inmediato de plagas de los almacenes, este puede tener un efecto de contacto o residual, se aplica como cordón sanitario, sobre el producto almacenado en forma de aspersión y como nebulización, su acción es solamente superficial sobre los granos o estibas de sacos.

Los insecticidas según su toxicidad son considerados como ligeramente, moderadamente y altamente tóxicos, dependiendo de sus ingredientes activos y sus componentes, estos pueden clasificarse como piretroides (actúa por contacto e ingestión), las piretrinas son sustancias de origen botánico y los piretroides son insecticidas sintéticos. Los organofosforados (actúa por contacto, ingestión e inhalación) son ésteres del ácido fosfórico, empleado como insecticida, herbicidas y fungicidas, son compuestos liposolubles, se absorben rápidamente por vía oral, dérmica y respiratoria, por el hecho de que al poco tiempo de ser aplicado, este se volatiliza.

Las interacciones de los piretroides con el sistema nervioso de los insectos ha sido estudiado y son pocas las publicaciones que al respecto se tienen pero se cree que estimula las descargas repetitivas de impulsos nerviosos con la consecuente paralización del cuerpo y muerte. Los insecticidas también están clasificados por su persistencia en el medio ambiente, tales como: Ligeramente persistentes (menos de 4 semanas), Poco persistentes (4 a 26 semanas), Moderadamente persistentes (27 a 52 semanas), Altamente persistentes (más de 1 año y menos de 20) y Permanentes (más de 20 años).

El insecticida y su efecto.

Es sumamente importante seleccionar adecuadamente el tipo de insecticida y su efecto que queremos que tenga sobre los insectos, esto es para proveer el control más efectivo hacia las plagas y obtener los mejores resultados al menor costo.

El efecto de contacto de los insecticidas, solo actúa en el momento de la aplicación, esos insecticidas son útiles para bajar rápidamente la incidencia de plagas, este tipo de insecticida se recomienda utilizar antes de una fumigación, ya que con esta práctica nos ayuda a eliminar hasta en un 50% de las plagas presente en el grano infestado, también se le conoce como insecticida de derribe.



Figura 20: Insecticida y su efecto

El poder residual de un insecticida, se refiere a los productos que al ser aplicados sobre áreas a tratar, el ingrediente activo perdura con un efecto para seguir eliminando insectos durante varias horas, días o semanas, estos productos residuales se aplican en áreas específicas de grietas, hendiduras, pisos, paredes, equipos mecánicos y refugio de los insectos. Este tratamiento

se recomienda utilizar después de una fumigación, para mantener protegido el grano con su efecto residual durante horas, días o semanas de los insectos plaga.

Los síntomas de intoxicación suelen ocurrir hasta después de una o dos horas después de la exposición. El cuadro clínico puede manifestarse con temblores, vomito, tialismo (secreción excesiva de saliva), diarrea, depresión, convulsión y muerte, esto es por la inhibición de la acetilcolina. Los tratamientos consisten en despejar las vías aéreas, para mejorar la oxigenación. Y administrar el sulfato de Atropina por vía intravenosa. En intoxicaciones leves, el cuadro clínico es generalmente reversible, recuperándose dentro de 24 a 72 horas, gracias a la enzima Carboxiesteraza que se encarga de degradar el toxico del torrente sanguíneo. En ambos casos la medición de la acetilcolinesterasa en glóbulos rojos para confirmar el diagnóstico.

Fumigante: Es un producto químico, que como ingrediente activo contiene los fosfuros metálicos, tales como fosfuro de aluminio y fosfuro de magnesio, este fumigante reacciona con el aire del medio ambiente liberando gas extremadamente toxico llamada fosfina (fosfuro de hidrogeno o PH_3), los fumigantes, al ser gases, se difunden y no poseen poder residual; es decir, un grano que ha sido fumigado queda nuevamente expuesto al ataque de insectos, la aplicación de fumigantes requiere personal capacitado y equipo especializado, los fumigantes se usan para tratar volúmenes y no pueden usarse para superficies, el tratamiento se lleva a cabo en espacios completamente herméticos o cerraos, para mantener la concentración del gas que se libera en su reacción, para que penetre profundamente en las mercancías almacenadas, como cereales a granel y productos en sacos.

Normalmente las técnicas de aplicación de los plaguicidas en una fumigación de granos infestados por plagas de insectos, es en las modalidades de pulverización residual o aspersion; vaporización o fumigación.

7.1. Técnica de control químico por aspersión.

Esta técnica consiste en aplicar insecticida debidamente seleccionado para el control de insectos, el insecticida se mezcla con agua, posteriormente se pulveriza en las paredes, pisos, entarimados, techos, equipos dentro del almacén y alrededor de la unidad de almacenamiento con la finalidad de exterminar las plagas que se esconden en depresiones, orificios y grietas. El aplicador es libre de escoger el insecticida según su efecto y los resultados que se desee obtener.

Un cordón sanitario generalmente se refiere a la aplicación de insecticidas alrededor del área del grano almacenado, esto es para mantenerlo protegido de la entrada de insectos, de deben aplicar en el entorno de las puertas, paredes del almacén, techos y los bordes entre las paredes del inmueble y jardines. Estas aplicaciones deben realizarse después de una minuciosa limpieza también se realizan de manera complementaria cuando se lleva a cabo alguna fumigación.

Aspersión manual: Este método de aspersión consiste en aplicar el insecticida con una mochila de aspersión manual en todas y cada una de las áreas del almacén; es muy útil como tratamiento preventivo y como tratamiento correctivo. La aspersión del insecticida puede ser directamente sobre las áreas de un almacén, costaleras, sobre maquinaria, túneles, partes perimetrales de los almacenes y directamente sobre los granos, se puede aplicar sobre la cinta transportadora durante el llenado o sobre los granos que se encuentran perfectamente almacenados.

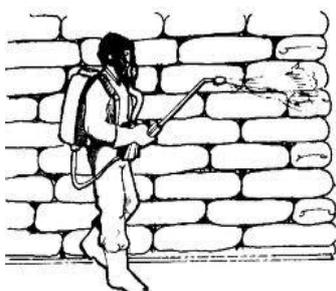


Figura 21: Técnica de Aspersión manual

El poder residual de un insecticida, se refiere a los productos que al ser aplicados sobre áreas a tratar, el ingrediente activo perdura con un efecto para seguir eliminando insectos durante varias horas, días o semanas, estos productos residuales se aplican en áreas específicas de grietas, hendiduras, pisos, paredes, equipos mecánicos y refugio de los insectos.

Este tratamiento se recomienda utilizar después de una fumigación, para mantener protegido el grano con su efecto residual durante horas, días o semanas de los insectos plaga. Los tratamientos con insecticidas en polvo, son útiles para controlar insectos en los exteriores que pudieran invadir las áreas interiores. Estas aplicaciones de insecticida tanto en líquido como en polvo, se deben realizar después de una minuciosa limpieza y realizar de manera complementaria cuando se lleva a cabo alguna fumigación.

Aspersión motorizada: Se refiere a la utilización de herramientas motorizadas, tales como mochilas y parihuelas para las aplicaciones de grandes superficies de paredes, pisos, techos y tratamientos sobre grandes volúmenes de granos. Este tipo de aplicación solo se permiten en áreas donde no se manejan alimentos, y utilizando productos autorizados y con una caducidad lo más vigente que sea posible para este propósito.



Figura 22: Técnica de Aspersión motorizada

Para que una aspersión manual o motorizada sea efectiva, se debe considerar varios aspectos, por ejemplo:

- 1.- El ingrediente activo (contacto o residual).
- 2.- La formulación, (polvo seco, líquido).
- 3.- El equipo de aspersión aplicada (tamaño de gota producida).

4.- El tipo de superficie tratada (madera, cemento, ladrillo, granos).

5.- El sitio de aplicación (interiores o exteriores).

Dosificación para una aspersión:

Insecticida	Ing. Activo	Dosis ml/m²	Dosis Mezcla	Dilución Insect./agua	Rendimiento De 1Lt.
K-obiol	Deltametrina	0.5 ml/m ²	50 ml/m ²	1 Lt /100Lt	2000 m ²
Dekacit	Deltametrina	0.5 ml/m ²	50 ml/m ²	1 Lt /100Lt	2000 m ²
DDVP	Cipermetrina	0.8 ml/m ²	80 ml/m ²	1 Lt /100Lt	1250 m ²

Cuadro 2: Dosificación para una aspersión

La cantidad de agua limpia utilizada para diluir el insecticida puede variar a criterio del aplicador, según las características de la superficie a tratar, el nivel de infestación detectada o por otras razones.

7.2. Técnica de control químico por nebulización.

Esta técnica de control químico mediante la nebulización (vaporización), consiste en diluir insecticida con diesel, Aceites minerales o alcohol, para provocar la combustión, esta produce una nube toxica, en la cual obtiene la producción de gotas de un diámetro menor a 50 micras. Si se utilizan termonebulizadores, el plaguicida debe ser lo bastante volátil para que, al mezclarse con el diesel, produzca humareda con pequeñas partículas del insecticida. Con este método se combaten los insectos que vuelan, como la palomilla, que muchas veces logran escapar de las fumigaciones, sin embargo también mata otros insectos por el insecticida en forma de nube y que son alcanzados directa mente sobre las paredes, insectos sobre el grano, insectos dentro de sistemas de aireación, túneles y otras superficies.

El objetivo de este método de control químico por nebulización, consiste en llegar a las zonas más difíciles de acceder de una instalación, es muy útil para los espacios vacíos, también se recomienda aplicar de manera complementaria a las fumigaciones.

En la técnica de vaporización o nebulización, se deben observar los siguientes aspectos; La operación deberá realizarse después del cierre de los trabajos diarios y cuando no se encuentre gente dentro del almacén, se recomienda no dejar residuos de insecticidas dentro del tanque del termonebulizador, se recomienda que el inmueble este completamente hermético.



Figura 23: Técnica por nebulización

Dosificación para una nebulización:

Insecticida	Ingrediente activo	Dosis Mezcla ml/m ³	Dilución Mezcla Insec./solvente	Disolución Insec./solvente	Rendimiento De 1Lt.
K-Obiol	Deltametrina	0.02 ml/m ³	20-40 ml/Lt	1Lt/50Lt	50,000 m ³

Cuadro 3: Dosificación para una nebulización

La cantidad y el tipo de solvente, puede variar a criterio del aplicador, según las instalaciones y el nivel de infestación.

7.3. Técnica de control químico por fumigación.

En el control químico por fumigación de los granos almacenados se usa un fumigante, es decir, que poco después de ser aplicado se transforma en gas, cuyas moléculas se difunden en el aire y llegan más fácilmente al centro de la masa del grano infestado. Este gas es letal para las plagas, reacciona bajo determinadas condiciones de temperatura, humedad del medio ambiente.

En la fumigación, el objetivo es matar todas las etapas biológicas, como huevo, larva, pupa y adulto. El fumigante penetra en los cuerpos de los insectos a través de los estigmas durante la respiración, atacando el sistema nervioso. Para una correcta dosificación de los comprimidos a utilizar para el control químico de las plagas de insectos, es de gran ayuda conocer el grado de infestación y la cantidad real que existe de la mercancía almacenada, ya que con estos datos se tomara la decisión de la dosis a utilizar y sin llegar a la saturación de la concentración del área fumigada. Con base en las indicaciones de la etiqueta de un recipiente y los conocimientos, se podrá calcular la dosis de placas, comprimido y perdigones aplicables. La dosificación se podrá calcular por volumen existente en un almacén: bodega, silos, cámaras o capsulas de plástico que se encuentran herméticamente sellados, su dosificación de cuatro pastillas por metro cubico son necesarias para un buen funcionamiento. Se podrá calcular también la dosis en base a las toneladas del grano almacenado, teniendo en cuenta las dosis de la siguiente tabla, la temperatura del ambiente y temperatura del grano.

Dosificación para una fumigación:

<i>FUMIGANTE</i>	<i>DOSIS</i>
• Fosfuro de aluminio (AIP)	
Comprimidos	3 a 6 pastillas/ton
Perdigones	10 a 15 pastillas/ton
• Fosfuro de magnesio (Mg₃P₂)	
Comprimidos	3 a 6 pastillas/ton
Perdigones	10 a 15 pastillas/ton
Placas	1 placa/25-30m ³

Cuadro 4: Dosificación para una fumigación

La toxicidad del fumigante para los insectos depende de innumerable factores, las bajas temperaturas afectan la tasa respiratoria de los insectos. En general, la toxicidad aumenta a medida que se incrementa la temperatura, por lo que

cuando la temperatura es baja, las fumigaciones deben durar más tiempo. El elevado contenido de humedad de los granos ocasiona una mayor absorción del fumigante, reduce su distribución y penetración en la masa del grano. Otros factores que afectan la toxicidad del fumigante se refiere al tipo de estructuras en el almacenaje y el tiempo de exposición a la fumigación.

7.3.1. Aspectos relacionados con la técnica de control químico por fumigación.

7.3.1.1. Distribución de los comprimidos esféricos.

Para que una fumigación de granos almacenados sea efectiva en bodegas, silos metálicos, tolvas, furgones, tráiler y barcos, se requiere de un gran esfuerzo y disponerse por tanto de suficiente mano de obra para hacer una buena distribución del producto químico. La distribución de los comprimidos esféricos en los diferentes métodos de distribución, el objetivo principal es atacar las plagas en la parte superior como inferior de la masa del grano, estos métodos son:

Método de distribución a profundidad:

Este método es utilizado principalmente en bodegas de grandes dimensiones y consiste en distribuir los comprimidos esféricos mediante la utilización de sondas de inyección en pequeños intervalos, en todo lo largo y ancho sobre la masa del granel y a diferentes alturas mientras se retira la sonda.



Figura 24: Distribución a profundidad

Método de distribución por recirculación:

Se usa principalmente en los silos metálicos, donde se requiere pasar el grano de un silo al otro y consiste en estar adicionando el producto químico sobre las bandas transportadoras para tener una buena distribución en toda la masa del granel, no se recomienda hacerlo en silos que tardan más de 24 horas en llenarse.



Figura 25: Distribución por recirculación

Método de distribución superficial:

Se utiliza en pequeños almacenes que cuentan con buena hermeticidad para retener la concentración del gas tóxico y con poca altura del grano para tener una buena penetración. Este método consiste en depositar los comprimidos esféricos sobre la masa del grano y es conocido como voleo del producto químico.



Figura 26: Distribución superficial

Método de distribución a nivel de piso:

En las fumigaciones a grandes volúmenes, es conveniente aplicar de un 10% a un 25% de la dosis total, los comprimidos esféricos se distribuyen en los ductos de aireación, en túnel si se cuenta con él y en fosas de recepción, asegurándose de que no exista agua presente.



Figura 27: Distribución a nivel de piso

7.3.1.2. Composición de un comprimido esférico.

Con los ingredientes activos de los fosfuros metálicos como son el Fosfuro de Aluminio y el Fosfuro de Magnesio, se elaboran pastillas o comprimidos que independiente de su presentación comercial pesan 3g que bajo condiciones favorables de temperatura y humedad van a tener una reacción satisfactoria liberando 1g de fosfina. Estos comprimidos se envasan a granel y en botes de aluminio con tapón roscado, para evitar cualquier tipo de derrame o reacción con otro tipo de material, conteniendo 500 comprimidos cada uno.

Los perdigones que pesan 0.6g, que en su reacción química satisfactoria liberaran 0.2g de fosfina, tienen cerca de 9mm de diámetro y también se envasan en botes de aluminio conteniendo aproximadamente 2500 perdigones.

Las placas o plaquetas tienen un peso unitario de 117g, en su reacción química liberara 39g de fosfina.

Los fumigantes hechos a base de fosforo de aluminio en sus presentaciones de comprimidos y perdigones, cuentan con un 56% de ingrediente activo, 44% de ingredientes inertes, de los cuales el 26 % le pertenece al carbamato de amonio, 13% de impurezas y el 5% de parafina.

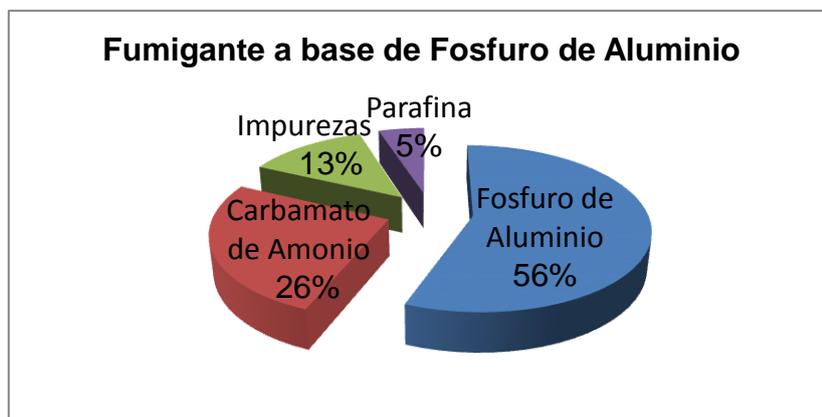


Figura 28: Composición del Fosforo de Aluminio

Los fumigantes hechos a base con fosforo de magnesio cuentan con un 66% de ingrediente activo, contiene 29% de carbamato de amonio y un 5% de ingredientes inertes.

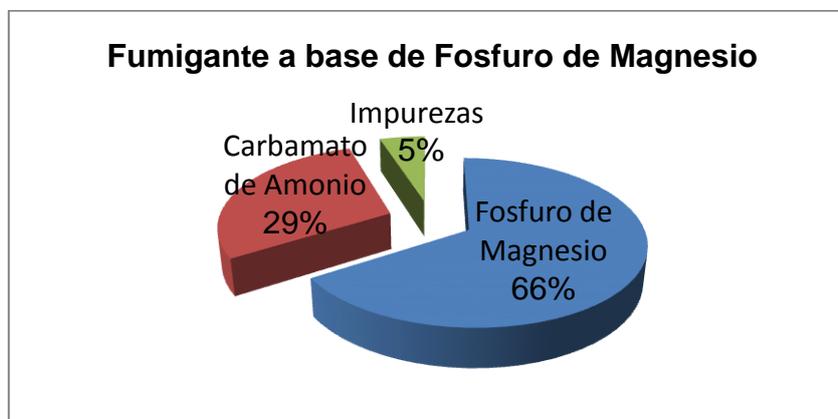


Figura 29: Composición del Fosforo de Magnesio

Las placas se formulan con un 56% de fosforo de magnesio como ingrediente activo, 26 % de carbamato de amonio, 18 % de ingredientes inertes.

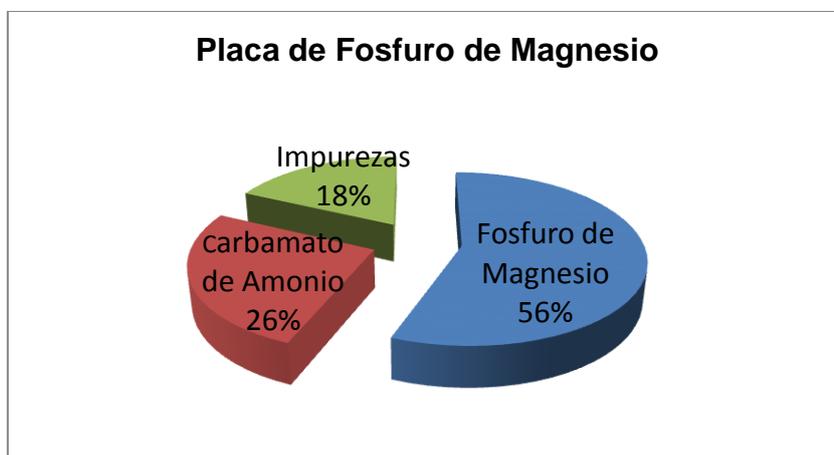


Figura 30: Composición de placas de Fosforo de Magnesio

7.3.1.3. Reacción química de los fosfuros metálicos.

Los fumigantes hechos a base de fosfuros metálicos tienen como ingrediente activo al fosforo de aluminio (AIP) y el fosforo de magnesio (Mg_3P_2), estos ingredientes reaccionan mediante la hidrólisis, que consiste en la utilización de las moléculas de agua suspendidas en aire del medio ambiente o con el agua misma, para producir fosforo de hidrogeno (fosfinas, PH_3), un residuo como el hidróxido de aluminio (OH)₃ y calor, por lo que se les denomina reacción exotérmica. La entalpía de formación de este producto es de -166.6 kJ/mol, esto significa que generará 0.68°C/gramo de PH_3 .

Los fosfuros metálicos por lo general empiezan a liberar fosforo de hidrogeno a partir de las 2hrs de ser aplicados. Los fosfuros de magnesio son un poco más rápidos en su reacción química que los fosfuros de aluminio, esto es por la diferencia de la parafina existente en cada de las presentaciones de los comprimidos, este compuesto actúa como retardador de la reacción. Las pastillas o comprimidos tardan en descomponerse totalmente entre a 12 a 48

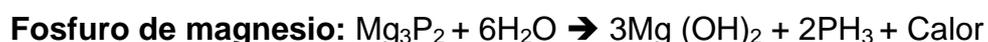
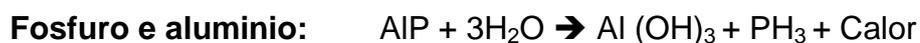
horas, pero aun así siguen liberando fosfina, esto nos permite su manipulación segura las primeras horas de aplicación.

En el caso de las placas o plaquetas, al no existir presencia de parafina, las placas tendrán una reacción inmediata y una descomposición más completa que los comprimidos de fosfuro de aluminio y de magnesio, tendremos su máxima concentración en tan solo 12 horas, este tipo de fumigante se debe de utilizar con más precaución para evitar una sobre exposición al gas fosfina.



Figura 31: Placas de Fosfuro de Magnesio

La reacción química de los fosfuros metálicos, se inician lentamente, gradualmente se acelera y vuelve a ser lenta cuando el ingrediente activo se agota, la acción de la fosfina es lenta, requiriéndose un tiempo de exposición de varios días.



La fosfina es un gas incoloro, inflamable, que explota a temperatura ambiente, es un gas tóxico para todas las formas de vida y es usada como fumigante en granos almacenados. Este gas puede reaccionar con ciertos metales (cobre, bronce, metal precioso como oro y plata), son susceptibles y causar corrosión en determinadas condiciones de alta humedad y temperatura.

En el aire, la fosfina existirá solamente como gas, la fosfina reacciona con sustancias que se encuentran comúnmente en el aire, la mitad de la fosfina en el aire se degrada en aproximadamente 1 día, en concentraciones altas, los vapores de fosfina pueden inflamarse espontáneamente en el aire, la fosfina reaccionará con el agua y se degradará a otros productos, la fosfina que no es degradada puede evaporarse al aire, cuando es liberada al suelo, la fosfina será degradada muy rápidamente, la fosfina no se acumula en la cadena alimentaria.

Descomposición del carbamato de amonio.

El carbamato de amonio se utiliza en la composición de comprimidos esféricos a base de fosfuros metálicos que al entrar en contacto con la humedad de la atmosfera tiene una reacción, la cual desprende amoníaco y dióxido de carbono, donde este último elemento se utiliza para evitar que este producto sea flamable y tenga una reacción violenta, la función del amoníaco consiste en ser un agente delator, teniendo un olor similar a los ajos, carburos o pescado en proceso de descomposición.



Estos gases, productos de la reacción del Carbamato de Amonio no son flamables y nos ayudan a reducir el peligro de incendio o explosión.

7.3.1.4. Difusión del fosfuro de hidrógeno.

Como ya se ha mencionado, los comprimidos esféricos al reaccionan en condiciones favorables de temperatura y humedad, liberando fosfuro de hidrogeno (fosfina, PH_3). Para que exista una buena difusión y el libre flujo del gas toxico en toda la masa del granel, dependerá principalmente de una buena distribución de los comprimidos, que exista la menor cantidad de impurezas, menor cantidad de granos quebrados, que no exista compactación o apelmazamiento del grano y el tipo de granos que estén almacenados, ya que

entre más grandes sean estos, existirá un mayor tamaño del espacio intragranular, cosa contraria con los granos de menor tamaño.

En pastas o harinas existe una mala difusión del gas fosfina por toda su masa, esto es por contar con espacios reducidos por donde penetrar, en este caso la distribución de los comprimidos y la difusión del gas fosfina es solamente superficial. El gas fosfina tiene un peso molecular de 1.17, siendo más pesado que el aire mismo del medio ambiente, por esta razón, la difusión del gas fosfina tiendo las condiciones de espacio, tiende a bajar hasta 12m y expandirse hacia los lados hasta 6m. El fosforo de hidrógeno tiene una solubilidad en agua de 26cm^3 en 100 ml de agua a 17°C .

7.3.1.5. Peligro de fuego y explosión.

El fosforo de aluminio y fosforo de magnesio no son flamables por sí mismos, sin embargo, reaccionan rápida y violentamente al contacto con el agua para producir fosforo de hidrogeno en forma de gas, el cual puede incendiarse espontáneamente a concentraciones arriba de su límite bajo de explosividad de 1.8 % volumen ($18000\text{ppm}/\text{m}^3$), el limite alto de explosividad no se conoce.

En caso de existir fuego, sofocar las llamas con arena seca, dióxido de carbono o con extinguidores de polvo químico seco y no usar agua en fuegos producidos por fosfuros metálicos, estos fuegos liberan ácido fosfórico.

Las explosiones son causadas por la reacción del fosforo de hidrógeno en concentraciones altas, que también reaccionan por hidrolisis causando chispas y explosiones que pueden causar severas lesiones al personal, a la masa del grano y a la infraestructura del almacén. Nunca permita que la acumulación de fosforo de hidrogeno exceda las concentraciones de una atmosfera explosiva, tanto en la masa del grano, en ductos de aireación, transportadores y en túnel, lo más conveniente es no acercarse a este nivel de explosividad.

Liberación de fosfina y sus ppm.

FUMIGANTE	PESO UNITARIO	LIBERACIÓN DE PH ₃	PPM
•Fosfuro de Aluminio			
Comprimidos	3 gramos	1 gramo	700 ppm
Perdigones	0.6 gramos	0.2 gramos	140 ppm
•Fosfuro de magnesio			
Comprimidos	3 gramos	1 gramo	700 ppm
Perdigones	0.6 gramos	0.2 gramos	140 ppm
Placas	117 gramos	39 gramos	27,300 ppm

Cuadro 5: Liberación de ppm

7.3.1.6. Hermetización de las mercancías.

Debido a que la mayoría de los almacenes son poco herméticos en su parte superior o cuando no están completamente llenos, es recomendable utilizar lonas de polietileno, para la hermetización completa del almacén o para el área del grano, fosas, elevadores, ventiladores y túnel. El polietileno a utilizar debe tener un espesor de por lo menos 0.002 pulgadas, es suficiente para cubiertas en interiores y sellado de puertas y ventanas. En exteriores donde existe viento y otros esfuerzos mecánicos, debe usarse películas de 0.004 pulgadas de espesor o más. La fosfina al ser penetrante, atraviesa sin dificultad películas de polietileno de menos de 50 micrones, bolsa de arpillera, costales y papel común. El plástico de la cubierta puede sellarse con las paredes y al piso mismo del almacén, usando viborillas de arena, paleando tierra en el extremo del plástico y pegando las puntas con engrudo o resistol, esto es para evitar fugas del gas tóxico y conservar al máximo su concentración en la masa del producto tratado.



Figura 32: Hermetización de las mercancías

Una buena hermetización de los granos después de ser tratados por el método de control químico, ayudara en gran parte para tener el éxito requerido de una fumigación, esto es por tener en su totalidad la concentración del fosforo de hidrogeno en la masa de los granos a tratar.

7.3.1.7. Exposición de mercancías al fosforo de hidrógeno.

La duración de la fumigación a que sean sometidas las mercancías, debe permitir un control adecuado de las plagas que infestan al producto a tratar. Además el periodo de fumigación debe permitir la descomposición completa del fosforo de aluminio, de modo que solo un poco o nada quede sin reaccionar. La siguiente tabla puede servir de guía para determinar la duración de la exposición a que deben ser sometidos los granos almacenados.

Periodos de exposición al fosforo de hidrógeno

TEMPERATURA	PERIODOS MINIMOS DE EXPOSICION	
	Fosforo de Magnesio	Fosforo de Aluminio
Debajo de 5 ⁰ C	No fumigar	No fumigar
De 5-12 ⁰ C	8 Días (192 horas)	10 Días (240 horas)
De 12-15 ⁰ C	4 Días (96 horas)	5 Días (120 horas)
De 16-20 ⁰ C	3 Días (72 horas)	4 Días (96 horas)
Sobre 20 ⁰ C	2 Días (48 horas)	3 Días (72 horas)

Cuadro 6: Exposición al fosforo de hidrogeno

Los tiempos recomendados en la tabla son mínimos y no se pueden considerar suficientes para controlar todas las plagas en todas las condiciones posibles, ni tampoco son suficientes para asegurar la reacción total, sobre todo si la temperatura, humedad del producto y la humedad relativa son bajas durante la fumigación.

La longitud apropiada del periodo de fumigación variara según las condiciones ambientales, ya que a bajas temperaturas los insectos son más resistentes y la velocidad de la reacción química son más bajas.

El alargamiento de la exposición es inútil si la construcción no ha sido hermetizada convenientemente o si es deficiente la distribución del gas y los insectos nunca están sometidos a concentraciones letales de fosforo de hidrogeno. Alargar la exposición favorece la penetración del gas cuando el fumigante no puede agregarse a la masa del producto, por ejemplo; por sondeo desde la superficie.

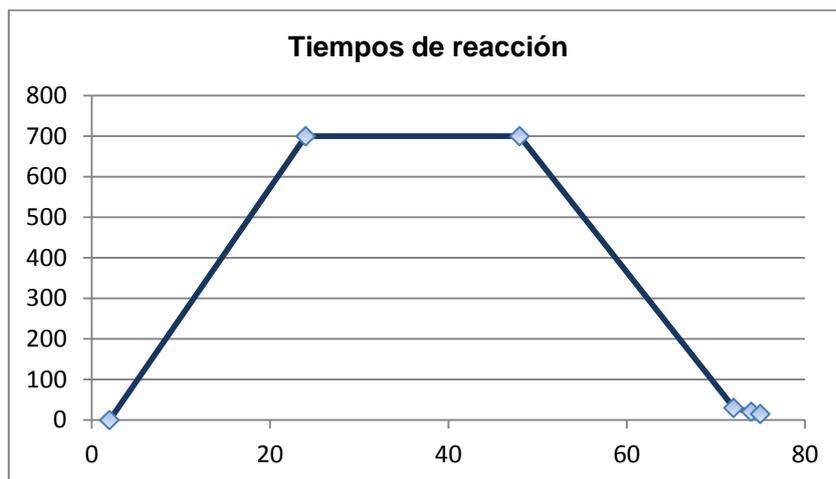


Figura 33: Velocidad de reacción

Al aplicar nuestro producto químico, dependiendo de su marca comercial y el tipo de su presentación, estos nos darán una tolerancia las primeras horas sin reacción, esto nos dará tiempo para aplicar o distribuir nuestros comprimidos, la reacción química inicia lentamente y gradualmente se acelera en las primeras 24hrs, en las segundas 24hrs podremos alcanzar la máxima concentración y nuestra reacción se mantendrá estable y en las terceras 24hrs la reacción se vuelve hacer lenta cuando nuestro ingrediente activo se agota. Después de cumplirse el tiempo de exposición de las mercancías tratadas al fosforo de hidrógeno y después de ventilar el local, se debe considerar de 12-24hrs mínimo de tiempo de reentrada al área fumigada.

7.3.1.8. Exposición de fumigadores.

En muchos casos la liberación del fosforo de hidrogeno es suficientemente lenta para permitir a los aplicadores depositar el fumigante en las áreas deseadas al hacer la distribución y luego abandonar los locales sin

exposiciones significativas al gas. La organización OSHA nos da el límite legal de exposición permitido en el aire (PEL) es de 0.3ppm como promedio durante una jornada de trabajo de 8 horas y 1ppm que no debe excederse en ningún período de trabajo de 15 minutos. Y para evitar una exposición al fumigante, se recomienda entrar al área tratada con quipo de seguridad y con su equipo de protección respiratoria aprobada.



Figura 34: Equipo de protección personal

La NIOSH (es el Instituto Nacional para la Salud y Seguridad Ocupacionales) ha establecido para el gas fosfina, 50ppm como la concentración que representa un peligro inmediato para la vida y la salud. La inmediata dosis letal para el hombre (IDLH) es la concentración que reúne estas características:

- 1).- Podría provocar la muerte o efectos irreversibles para la salud.
- 2).- Con 30 minutos de exposición, podría impedir que una persona salga del ambiente contaminado.

La exposición de trabajadores al fosfuro de hidrogeno no debe exceder de 0.3 ppm medido como un promedio ponderado en un tiempo de 8 horas, durante la fumigación. El periodo de aplicación es el lapso comprendido desde la apertura del primer bote, la aplicación de la dosis apropiada de fumigante y el cierre del sitio que se está tratando. Todas las personas que se encuentran en el sitio tratado y en áreas adyacentes interiores, se encuentran sujetas a estas reglas. Después de la aplicación, la exposición de cualquier persona no debe exceder 0.3 ppm de fosfuro de hidrogeno; tales exposiciones ocurren a fugas del lugar fumigado, cuando el producto se transfiere o si se entra al espacio no aireado o parcialmente ventilado.

Deben hacerse mediciones de concentración con tubos de bajo y alto nivel o tubos colorimétricos. El propósito de hacer estas mediciones de la concentración, es para prevenir la exposición excesiva y determinar cuando y donde se requiere el equipo de protección. Al hacer estas mediciones, deben hacerse en la atmosfera de los trabajadores, no se requiere efectuar este trabajo cuando se fumiga en exteriores o en lugares ventilados. Si las mediciones revelan una sobre exposición de los trabajadores, deben usarse controles de ingeniería (como ventilación forzada) y/o practicas apropiadas de trabajo, donde sea posible para reducir la exposición a los límites permitidos.



Figura 35: Equipo de medición de fosfina

7.3.1.8.1. Protección respiratoria.

Durante y después de una fumigación, si los límites de exposición de los trabajadores no pueden cumplirse a través de controles de ingeniería (tales como ventilación artificial), debe usarse protección respiratoria aprobada. Toda persona deberá usar protección respiratoria si se desea ingresar a una atmosfera contaminada con fosfuro de hidrogeno.

Si esta atmosfera excede los límites permitidos, se requiere usar equipo de protección respiratoria aprobada, si la exposición excede las ocho horas a concentraciones superiores de 0.3 ppm durante la aplicación o a cualquier tiempo posterior, deberá usarse un respirador con filtro.



Figura 36: Respirador con filtro

Para concentraciones por arriba de lo permitido y por debajo de 15ppm o para fugas de áreas fumigadas con 150ppm se usara un respirador de cara completa con un filtro para fosforo de hidrogeno (fosfina). Para atmosferas superiores sobre estos niveles o cuando la concentración no se conoce, deberá usarse un equipo de respiración autónomo SCBA o su equivalente.



Figura 37: Equipo de respiración autónomo

No se requiere protección respiratoria para aplicadores trabajando fuera del área de fumigación o si no se producen exposiciones sobre los límites permitidos.

VIII. INFORMACIÓN DE RIESGOS A LA SALUD.

Mientras maneja fumigantes a base de fosforo de aluminio o fosforo de magnesio, no coma, fume o beba. Si se detecta olor a ajos, debido a que el olor a ajo se debe a uno de los compuestos y no al fosforo de hidrogeno, el cual es inodoro, la ausencia de este olor, no significa que no existan niveles peligrosos de gas toxico, este gas no es absorbidos por la piel de las personas que tienen

algún contacto con él, las vías primarias de entrada de este producto extremadamente tóxico son por las vías de inhalación e ingestión.

Efectos a la salud aguda y crónica: El fosforo de hidrógeno es un gas extremadamente tóxico. El DL50 para la fosfina, su intoxicación crónica esta alrededor de 190 ppm para 1 hora de exposición por inhalación, la toxicidad aguda se hace presente por la vía oral del fosforo de hidrogeno, es de 9.1 mg/kg de cuerpo.

Carcinogénesis: El fosforo de hidrogeno no es conocido como carcinogénico y no esta enlistado por la NIOSH (Instituto Nacional para la Salud y Seguridad Ocupacionales), que adopta y hace cumplir las normas de salud y seguridad, en los Estados Unidos de Norteamérica.

Primeros auxilios: Al notar los primeros síntomas de intoxicación ligeras por inhalación causa malestares como: zumbido en los oídos, fatiga, nausea y opresión en el pecho, es imprescindible interrumpir inmediatamente el trabajo, sacar a la víctima al aire libre y fresco, recostarlo en posición cómoda y en completa tranquilidad, manténgala abrigada y cheque que respire libremente, si deja de respirar, proporcione respiración de boca a boca o algún otro medio de reanimación, no administre nada por la boca si la persona esta inconsciente.

Los síntomas desaparecen al poco tiempo cuando se trata de una intoxicación leve. Cuando se trata de intoxicación moderada, esta causa debilidad, vomito, dolor justo arriba del estómago, dolor de pecho, diarrea y disnea (dificultad para respirar). Los síntomas de envenenamiento severo pueden ocurrir dentro de pocas horas o hasta algunos días después resultando en edema pulmonar (fluido en los pulmones) y puede conducir a un desvanecimiento, cianosis (color azul o purpura de la piel), inconsciencia y muerte.

Si los comprimidos, perdigones de fosfuros metálicos son tragados: No beba o administre agua o cualquier otro tipo de líquido e induzca al vomito tocando con el dedo la parte posterior de la garganta, o bien suministre un

vomitivo, no suministre nada por la boca si la persona esta inconsciente o si no está alerta de sí misma.

Si el polvo o gránulos de los fosfuros caen en la piel o ropa: Cepille o sacuda el material que se pueda introducir en las fibras, despójese de la ropa contaminada, tenderla al aire libre o en un área bien ventilada, antes de su lavado. No deje ropa contaminada en recintos ocupados o confinados, tales como automóviles, camionetas, cuartos de hotel, etc., lave la piel contaminada vigorosamente con jabón y agua.

Si el polvo de los comprimidos cae en los ojos: Lavar con agua corriente y abundante, conseguir atención médica.

Recomendaciones al médico: En Intoxicaciones agudas, administrar un bronco espasmódico o estimulante de la circulación, de presentarse edema pulmonar, administrar glucocorticoides y practicar una flebotomía; si este es progresivo proceder a la intubación con absorción continúa de secreciones pulmonares y una oxígeno terapia para evitar el shock. Ya que se desconoce un antídoto específico para este tipo de intoxicación.

Medidas de protección al medio ambiente: Este producto es un gas extremadamente toxico para todas las formas de vida humana y animal. Evite contaminar estanques, lagunas, presas, canales de riego, agua de mar, ríos, riachuelos, depósitos de agua y mantos freáticos, al lavar el equipo de protección y vertiendo el plaguicida en ellos. Las bolsas absorbentes de la humedad y el exceso de gas, que vienen dentro de los envases, no deben tirarse al suelo, sino que deberán quedar dentro del envase o ser recolectadas en una cubeta con arena, estos residuos se dispondrán en centros de acopio autorizado.

IX. DISPOSICION Y DESACTIVACION DE RESIDUOS.

El fosfuro de aluminio o fosfuro de magnesio sin reaccionar o con una reacción parcial, es extremadamente peligroso. Su eliminación impropia está penada por

la ley. Si estos desechos no pueden eliminarse siguiendo las instrucciones de la etiqueta o de un manual, acuda a su agente distribuidor o con el fabricante para su orientación.

En cada fumigación donde se han utilizado fosfuros metálicos que liberan fosforo de hidrogeno, siempre existirán residuos con cantidades mínimas de la misma reacción química y envases vacíos con ingrediente activo sin tener su reacción química.

9.1. Procedimiento para manejo de envases vacíos.

1.- Asegúrese de que todo el contenido del fumigante se aplique en el producto a tratar. Agítese con energía el envase vacío con un para eliminar los restos del fosforo.

2.- A los envases vacíos es conveniente quitar la tapa y exponerlos a la atmosfera, durante un mínimo de tres días para permitir que el residuo reaccione, esta operación debe ser realizada en zonas con corriente de aire, pero techadas para proteger los envases de la lluvia y lejos de zonas habitadas.

3.- Después de este periodo de aireación, los botes quedaran limpios, sin residuos de fosforo.

4.- No utilizar agua o liquido alguno para limpiar los botes, ya que con el proceso de aireación es suficiente para limpiarlos.

5.- Pasado el tiempo recomendado para la desactivación de los envases vacíos, se tapan los botes con su tapa, se empacan en sus respectivas cajas y se marcan como vacíos.

6.- Contratar una empresa autorizada para regresar los envases vacíos o enviarlos a un centro de acopio autorizado. También los botes se pueden reciclar (utilizar el aluminio para fundición) en empresas autorizadas.

9.2. Instrucciones para la desactivación de polvo residual.

El polvo parcialmente agotado, debe desactivarse completamente antes de desecharlo. Esto se aplica en casos de exposición incompleta de donde deriva el nombre de “polvo verde” o cuando termina una fumigación que ha dejado grandes cantidades de material parcialmente agotado. El polvo residual de los fosfuros metálicos puede ser desactivado por método húmedo y por método seco como sigue:

Método seco:

El hidróxido de aluminio ($\text{Al}(\text{OH})_3$) y el hidróxido de magnesio ($3\text{Mg}(\text{OH})_2$), son polvos residuales de los fosfuros metálicos que se pueden desactivar por este método seco, la extensión prolongada de la fumigación es el método más sencillo y seguro de desactivación del “Polvo verde” (polvo residual activo), antes de su disposición definitiva. La desactivación de polvo residual parcialmente agotado (Hidróxido con poco I.A), se puede hacer recolectando de 2 a 3 kg de polvo parcialmente agotado para desactivarse por almacenamiento en cubetas de 4lts. La colocación de polvo parcialmente agotado en recipientes cerrados representa un gran peligro por el confinamiento de pequeñas cantidades de fosfina (PH_3).

Para la desactivación de cantidades mayores (11Kg) se pueden recolectar estos residuos en bolsas de telas porosas (costales, algodón, etc.), no apile las bolsas y no use este método para “Polvo verde”.

Se puede disponer de una cantidad de 5 a 8Kg para la desactivación de polvo residual parcialmente agotado en áreas abiertas, dispersándolas sobre el terreno y lejos de edificios habitados.

Precauciones: No recoja polvos en tambores grandes, bolsas de plástico u otros contenedores que retengan el gas toxico. La colocación de polvo residual parcialmente agotado en un recipiente cerrado o la colección y almacenamiento de grandes cantidades de este polvo, puede representar un gran peligro de

incendio, pueden desprenderse pequeñas cantidades de fosforo de hidrogeno y su confinamiento puede producir una explosión. No junte polvo residual de más de 7 frascos de comprimidos (10.5Kg) o 10 frascos de perdigones (9kg).

Disposición final: Se puede disponer de una cantidad de 5-8 kg de polvo residual en áreas abiertas, dispersándolas sobre el terreno, lejos de edificios habitados. El polvo residual agotado de fosfuros metálicos, también puede colectarse y desecharse en basureros autorizados, incineradores y otros sitios apropiados. El “polvo verde” debe ser totalmente desactivado para su desecho.

Método húmedo:

Para proceder a la desactivación por el método húmedo, se prepara una solución de desactivación con un detergente de baja espuma al 2%. Se llena un tambor con esta solución hasta unos pocos centímetros del borde. No debe permitir un gran espacio en la parte superior del mismo, para evitar el confinamiento de gas.

Para la desactivación de polvo residual activo (polvo verde), se agrega lentamente y en cantidades pequeñas de 25g cada vez a la solución, agitando de modo que se humedezcan todas las partículas, si el producto flota tratar de sumergirlo y si se nota una reacción vigorosa, se recomienda disminuir la velocidad de adición, pudiendo desactivar hasta 10Kg.

En la desactivación de residuos parcialmente agotados o totalmente agotados (Hidróxido), la cantidad de adición a la solución de desactivación puede ser mayor hasta 250g, pudiendo desactivar hasta 10Kg.

Precauciones: Los polvos residuales nunca deben mezclarse en una solución de desactivación con menos de 40L, esta operación debe hacerse al aire libre y nunca en la estructura fumigada, de preferencia en exteriores y alejada de zonas pobladas. Invariablemente esta operación deberá hacerse con un equipo de respiración autónomo, durante la desactivación, debido a las altas concentraciones de fosfina que se pueden producir.



Figura 38: Método húmedo de desactivación

Disposición final: Se recomienda que la mezcla repose de 36 hasta 48 horas. Para asegurar su hidrólisis total y la mezcla polvo desactivado-agua con o sin decantación preliminar este totalmente desactivada y sea asegurada en un relleno sanitario o en otro sitio apropiado para su disposición final, la suspensión puede derramarse sobre el terreno.

X. CONCLUSIÓN

Los periodos prolongados de almacenamiento dan oportunidad para que las plagas los infesten. Si no se toman medidas de control necesarias se corre el peligro de que sea dañado, consumido o destruido, parcial o totalmente.

El método de control químico para plagas de insectos de granos almacenados, basado en la utilización de fosfuros metálicos como ingrediente activo y que liberan fosforo de hidrogeno en forma de gas extremadamente toxico, no es un método de control permanente, por lo que pueden estar nuevamente expuestos los granos al ataque de plagas al no haber presencia de gas toxico.

Los diferentes tipos de plagas, sin importar su identificación y clasificación, pueden desarrollar un sistema de resistencia natural o adquirida, que poseen frente a determinadas sustancias como a los insecticidas y fumigantes, es por esto que se recomienda tener una rotación de los diferentes productos, para así evitar que los insectos logren una inmunidad a los productos químicos común mente utilizados.

LITERATURA REVISADA

Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades, División de Toxicología y Medicina Ambiental, <http://www.atsdr.cdc.gov/es/>.

Agro Operadora de Silos y Bodegas, S.A de C.V: Manual de fumigación con fosforo de aluminio y fosforo de magnesio.

Almacenadora Mercader, Agro Operadora de Silos y Bodegas: Curso sobre Conservación de granos Almacenados (secado, aireación y control de insectos).

Almacenadora mercader. Cap. 5 En: Manual de Manejo postcosecha de los granos.

Bases para el manejo de la resistencia en insectos, Ing. agrónomo Miguel A. Taboada Mtz., especialista en parasitología agrícola, profesor de manejo integrado de plagas U.A.G.

Bev-Lorraine, T., Dreisbach R. H. Manual de Toxicología Clínica de Dreisbach. Prevención, Diagnóstico y Tratamiento. Editorial Manual Moderno. México: 7ª. Edición, 2003.

Biblioteca Virtual de Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental. BVSDE. En línea <http://www.cepis.ops-oms.org/sde/ops-sde/bvsde.shtml>.

Control Natural de Insectos, Brooklyn Botanic Garden, Trillas.

Degesch de México, S.A de C.V: Manual de datos de seguridad. Material Safety Data Sheet (MSDS), Fosforo de Magnesio.

Degesch de México, S.A de C.V: Manual de procedimiento para manejo de envases vacíos, Degesch Phostoxin y/o Degesch Magtoxin.

Degesch de México, S.A de C.V: Manual del aplicador para comprimidos y perdigones.

Dr. Mario Ramírez Martínez: Curso sobre la Certificación de Granos Almacenados, Guadalajara, Jalisco.

Dr. Mario Ramírez Martínez: Curso sobre la Conservación de Granos Almacenados, Culiacán Sinaloa, Abril del 2006.

FAO. Publicación Internacional para las Américas. Especificaciones de Plaguicidas. 2004.

Fumigaciones Sanmol, S.A de C.V: Manual de fumigación con bromuro de metilo.

Fumigaciones Sanmol, S.A de C.V: Manual de fumigaciones con fosfuros metálicos.

Genel, M.R. 1978 Almacenamiento y conservación de granos y semillas.

Guía sobre seguridad y salud en el uso de productos agroquímicos, editorial Alfa omega.

<http://www.agropuli.com>.

<http://www.controldeplagasfumieco.com>.

http://www.fastonline.org/cd3wd_40/inpho/vlibrary/x0028s/es/x0028s02.htm#10%20contenido%20de%20humedad%20de%20equilibrio.

<http://www.infoagro.com>.

<http://www.insectos quedañangranos-productos quedañan/horaciodelorto.com>.

<http://www.jccm.es/edu/ies/cperezpastor/dptos/fq/matcién/humedad.htm>.

<http://www.parro.com.ar/definicion-de-humedad+de+equilibrio>.

<http://www.zin.ru/animalia/coleoptera/images/rhidomkm.jpg>.

Ing. Martin Ramírez Falcón: Manual sobre el Análisis de calidad de los granos almacenados, Agro Operadora de Silos y Bodegas S.A de C.V.

Instituto Internacional para el Desarrollo Sostenible. Reporte de la decimoctava Reunión de las Partes del Protocolo de Montreal sobre las Sustancias que Agotan la Capa de Ozono, <http://www.iisd.ca/download/pdf/enb1954e.pdf>.

Las plagas de los productos Alimenticios, Almacenados en la región del OIRSA, Organismo Internacional de Sanidad Agropecuaria Roger A. Landaverde Toruño, Ing. Agr. M.S.C.

Líderes Campesinas P.O. Box 53742 San José, Email: Irosas@juno.com.

López M., Mariano 1969. Almacenes generales de depósito.

López P. J. Almacenamiento de granos.

Manual de Manejo integrado de plagas urbanas e industrial, U.A.A.A.N-UL, Miguel Ángel Taboada Mtz., Ing. Agrónomo en parasitología.

Manual técnico de fosfuro de aluminio FAX. <http://www.faxsa.com.mx/fosfuro>.

Marquez, P.J.A. 1993. Secado de los granos cap. 3 En: Manual de granos a nivel rural.

México, Editorial Continental Pereira S.F.A. 1993 Conservación y protección de los Granos.

Pesticide Action Network 49 Powell Street. Email: panna@panna.org.

Plagas de insectos agrícolas y del jardín, Davidson Limusa Noriega editores.

Programa Internacional de Seguridad de las Sustancias Químicas. Fichas Internacionales de Seguridad Química, Amitraz, 1991.

Red de Acción sobre Plaguicidas y Alternativas en México (RAPAM) Apdo. postal 395 56101 Texcoco, Edo de México Tel/Fax: (52) 595 47744 Email: rapam@mpsnet.com.mx.

Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación: Manejo postcosecha de granos a nivel rural.

Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación: Modificación a la norma oficial mexicana Nom-028-Fito-1995, por la que se establecen los requisitos fitosanitarios y especificaciones para la Importación de granos y semillas, excepto para siembra. Inciso 4.3 tratamientos cuarentenarios.

Técnicas y equipos para aplicación de plaguicidas, José Alonso Escobedo, Departamento de parasitología U.A.A.A.N-UL.

Temas selectos de manejo de Insectos agrícolas, Ángel Lagunes Tejeda, J. Concepción Rodríguez Maciel.