



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MEXICO**

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES

CAMPUS IZTACALA

TESIS POR ACTIVIDAD PROFESIONAL

**Diseño y asesoramiento para establecer una
empresa de tratamientos cuarentenarios en el
Puerto de Progreso, Yucatán, México.**

Carrera: Biología

Presenta:

Sabino Salas Castillo

Director de Tesis:

M. en C. Sergio Stanford Camargo

Los Reyes Iztacala, Estado de México a 22 de Marzo 2004





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA**

TESIS POR ACTIVIDAD PROFESIONAL

**Diseño y asesoramiento para establecer una
empresa de tratamientos cuarentenarios en el
Puerto de Progreso, Yucatán, México.**

Carrera: Biología

**Presentada por:
Sabino Salas Castillo**

**Director de Tesis:
M. en C. Sergio Stanford Camargo**

Los Reyes Iztacala a 22 de Marzo de 2004

Agradecimientos y Reconocimientos.

A la memoria de mi esposa Pera, por compartir en todos los momentos de su vida, su gran amor y su apoyo incondicional, en el breve camino de nuestra existencia.

A mi hijo Marcos por su valiosa ayuda y motivación para llegar a la meta. Pero sobre todo por su grande amor.

A la memoria de mis padres Eusebio y María, quienes siempre tuvieron la ilusión de que mis sueños se hicieran realidad.

A mis hermanos Arturo, Rosario, Silvia, Roberto, Rocío, Eusebio, Martín, Ismael, Virginia (in memoriam), Juan Carlos, Irene y Guadalupe, por su gran cariño y valioso apoyo desde siempre.

A la familia Parra-Flores: Leonides Parra, Argelia Flores y sus hijos Mireya, Patricia, Leticia, Edmundo, Luis, Fernando y Oswaldo quienes son amigos leales en mis alegrías y tristezas, pero también en mis éxitos y fracasos.

A la familia de mi esposa, sus padres Victorino Ocampo, Rosa López y mis cuñados Bernardino (Benito), Ernestina, Mario, Josefina, Noe y Alfredo (in memoriam). Por su respaldo en los momentos más difíciles.

A Hermelinda, Margarita, Luz Elena, Luz Maria y Joel por su gran estima y motivación para llegar a la meta.

Con la verdadera intención de no omitir absolutamente a nadie quiero agradecer a todos quienes directa e indirectamente hicieron posible que mis sueños se hicieran realidad.

A mis Profesores

Por sus valiosos conocimientos y enseñanzas que ayudaron en mi formación profesional

A mis Revisores de Tesis:

M. en C. Jorge Padilla Ramírez

Biol. Marcela Patricia Ibarra González

Biol. Alberto Morales Moreno

Biol. Ángel Lara Vázquez

Por sus observaciones constructivas, sus experiencias, su dedicación a la investigación científica, pero sobre todo por su calidad humana.

A mi director de Tesis:

M. en C. Sergio Stanford Camargo

Por su indiscutible calidad profesional y humana, Así también por su admirable dedicación, paciencia, orientación y valiosos consejos que inspiran confianza y estima

A la empresa Almacenes Nacionales de Depósito S.A., con añoranza, quien me vio nacer en el terreno laboral y posteriormente con agradecimiento, a su sucesora, Almacenadora Sur S.A. de C.V. quién me brindo la oportunidad de poner en práctica mi experiencia y entusiasmo.

Y por supuesto a la máxima casa de estudios de nuestro país, la Universidad Nacional Autónoma de México y a la Facultad de Estudios Superiores Iztacala por su invaluable aportación en el cúmulo de conocimientos para mi formación profesional.

CONTENIDO

| | Pagina |
|---|--------|
| 1. Introducción. | 1 |
| 2. Marco Teórico | 3 |
| 2.1. Normas Oficiales Mexicanas para los tratamientos Cuarentenarios. | 3 |
| 2.2. Descripción de las principales especies de insectos de granos. | 6 |
| 2.3. Métodos de control de plagas comúnmente utilizados en México. | 8 |
| 2.4. Plaguicidas autorizados por la CICOPLAFEST. | 26 |
| 3. Marco de Referencia. | 27 |
| 3.1. La producción de granos en México. | 27 |
| 3.2. La producción de granos a escala mundial. | 29 |
| 3.3. La comercialización internacional de granos. | 32 |
| 3.4. La autosuficiencia alimentaria en nuestro país. | 35 |
| 3.5. Normas de calidad de granos. | 37 |
| 4. Desarrollo. | 47 |
| 4.1. Planeación y abastecimiento de equipos para la fumigación de barcos. | 47 |
| 4.2. Delimitación de las áreas de trabajo en el muelle y el almacén de plaguicidas. | 54 |
| 4.3. Asesoramiento y capacitación del personal técnico que participa directamente en la fumigación de barcos. | 54 |
| 4.4. Solicitud del servicio de tratamientos cuarentenarios por parte de los clientes. | 55 |
| 4.5. Coordinación con las autoridades portuarias, agencia aduanal, compañía naviera y cliente, basándose en el tiempo estimado de arribo. | 55 |
| 4.6. Fumigación del producto. | 56 |
| 4.7. Elaboración del Certificado Fitosanitario Internacional, de Tratamiento Cuarentenario y entrega al cliente. | 65 |
| 4.8. Elaboración de informes mensuales de los tratamientos cuarentenarios efectuados en el punto de control. | 66 |
| 5. Resultados obtenidos. | 67 |

| | | |
|-----------|----------------------|----|
| 6. | Discusión. | 73 |
| 7. | Conclusiones. | 77 |

CONTENIDO

| | Pagina |
|---|--------|
| 8. Literatura citada. | 79 |
| 9. Anexos. | 83 |
| 9.1. Lista de Normas Oficiales Mexicanas NOM-FITO. | 84 |
| 9.2. Lista de insectos de almacén. | 86 |
| 9.3. Descripción de insectos de almacén. | 88 |
| 9.4. Condiciones climáticas para el desarrollo y reproducción de insectos de almacén. | 115 |
| 9.5. Ciclo de vida de insectos de almacén. | 116 |
| 9.6. Lista de Normas Oficiales Mexicanas NOM-STPS. | 117 |

1. - Introducción

Simultáneamente, cuando inicié la carrera de Biología en la ENEPI dio inicio mi carrera laboral en la empresa paraestatal Almacenes Nacionales de Depósito S.A. (ANDSA) la cual tenía una infraestructura a nivel nacional y su actividad principal era la guarda y conservación de mercancías, principalmente agrícolas, tales como: maíz, trigo, sorgo, arroz, frijol, cártamo, girasol, ajonjolí, semilla de algodón; siendo la Compañía Nacional de Subsistencias Populares (CONASUPO) el principal cliente. En aquel tiempo la CONASUPO era responsable de la comercialización de granos de cereales, leguminosos y oleaginosos e incluso leche en polvo rehidratada. Sin embargo, ANDSA también proporcionaba servicios a la industria que requería de almacenamiento, manejo y conservación de materias primas, igualmente de origen agrícola.

La actividad laboral inicialmente fue desarrollada en el Laboratorio de Granos, ubicado en la Unidad Pantaco en Atzacapotzalco D.F., una de las más grandes del Sistema ANDSA, con una capacidad estática en 112 bodegas de 750,000 Ton.

Dentro del laboratorio desarrollé actividades como laboratorista de granos, entre otras, el monitoreo de la calidad física de los granos antes, durante y después de su período de almacenamiento.

Mediante procedimientos específicos, se obtenían muestras representativas de los granos transportados en carros de ferrocarril, camiones o trailers y se llevaban al laboratorio para conocer su calidad física en cuanto a humedad, impurezas, granos con defectos, granos dañados por agentes físicos, químicos o biológicos, peso específico y también su calidad sanitaria, con relación a la presencia de insectos de almacén, principalmente gorgojos y palomillas. El objetivo primordial era conocer las condiciones de calidad antes del almacenamiento de los granos o mercancías, para aplicar las técnicas de conservación necesarias y mantener al máximo sus características originales.

De acuerdo a la estadía o tiempo de almacenamiento, periódicamente se monitoreaba la calidad, ya que era necesario continuar utilizando técnicas de conservación tales como fumigación y aplicación de insecticidas; aireación a través de motoventiladores y ductos de aireación, instalados en la bodega para mantener la humedad y temperatura de los granos a niveles seguros, evitando así el desarrollo de hongos e insectos de almacén y finalmente la aplicación de un control permanente de roedores dentro y fuera de las bodegas.

A través del tiempo me enfoqué en el control de insectos de almacén por ser de mayor interés para mí, ya que representaba un serio problema, debido a la complejidad de factores que participan en los procesos de acopio, almacenamiento, distribución y consumo de granos a escala nacional e incluso internacional, con relación a su calidad sanitaria.

Parte de mi experiencia profesional en el control de insectos de granos almacenados fue en fumigaciones con fosfuro de aluminio y aplicación de

insecticidas órganofosforados, con equipos de aplicación tales como aspersoras y termonebulizadoras, hasta cierto punto en forma rutinaria. Sin embargo, más adelante participe directamente en dos trabajos de investigación aplicada dirigidos por el Ing. Jacobo Godínez Castillo, en aquel entonces, Gerente de Conservación de Mercancías de ANDSA. El primero fue sobre la Evaluación de Efectividad de la Deltametrina al 2.5% (insecticida piretroide), en el control de insectos de almacén, mediante la incorporación directa al maíz y sorgo y el otro fue la Evaluación del Proyecto sobre la aplicación de la refrigeración en el control de insectos de almacén, en maíz húmedo, mediante un refrigerador de granos de fabricación alemana, marca Granifrigor Modelo KK-70, ambos en la Unidad Río Bravo, Tamps. , en el ciclo primavera-verano de 1989.

A raíz de la privatización de la empresa ANDSA en 1998 surgieron tres almacenadoras a saber: Servicios de Almacenamiento del Norte S.A., Almacenadora Centro Occidente (actualmente Almacenadora Mercader S.A. de C.V.) y Almacenadora Sur S.A. de C.V. (ALSUR). Las tres con el mismo giro comercial de su antecesora, por decreto presidencial.

Recientemente, con base en la experiencia acumulada y el perfil profesional desarrollado en la empresa, en el campo de control de insectos, se me encargó el diseño y asesoramiento para establecer una empresa de tratamientos cuarentenarios fitosanitarios, en el puerto de Progreso, Yuc., con la misma razón social, pero enfocado a la fumigación de barcos, en el periodo 1998-2002, en mi carácter de Jefe de Departamento de Conservación de la empresa Almacenadora Sur S.A. de C.V. Por tal motivo me di a la tarea de investigar e instrumentar todos los elementos necesarios, incluyendo la asesoría y la capacitación del personal técnico, para que la empresa ofreciera y proporcionara los servicios a los clientes que importan o exportan granos y otros productos, en apego a las Normas Oficiales Mexicanas.

La Norma Oficial Mexicana (NOM) que contempla el establecimiento de las Empresas de Tratamientos Cuarentenarios Fitosanitarios es la NOM-022-FITO-1995 y le corresponde a la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) a través de la Comisión Nacional de Sanidad Agropecuaria (CONASAG) y La Dirección General de Sanidad Vegetal (DGSV) , la vigilancia en el cumplimiento de ésta Norma y las Normas Oficiales Mexicanas, específicas a cada producto agrícola que se importa o exporta.

2.- Marco Teórico

2.1. Normas Oficiales Mexicanas para los Tratamientos Cuarentenarios Fitosanitarios de acuerdo a los diferentes productos y plagas a controlar.

El movimiento de vegetales, sus productos, equipos, envases, y aparatos e incluso el transporte de turismo, ha aumentado la movilización de plagas y enfermedades anteriormente confinadas a algunos países o regiones, cuya sola presencia en zonas libres de nuestro territorio ha representado grandes pérdidas para los productores y fuertes inversiones en el sector oficial, al tratar de erradicar esos problemas.

Con relación a la importación y exportación de productos de origen vegetal existen organizaciones internacionales de protección fitosanitaria, que se han establecido paulatinamente, agrupando a los países de todo el mundo y emitiendo ciertas normas que han surgido del avance jurídico, administrativo, tecnológico y científico.¹⁵

Las organizaciones Internacionales de Protección Fitosanitaria que están establecidas, por regiones geográficas, actualmente son: Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria (OIRSA) en este contexto integrada por México, Guatemala, El Salvador, Nicaragua, Honduras, Costa Rica, Panamá y Belice; La Organización Norteamericana de Protección de las Plantas (NAPPO) formada por México, Canadá y Estados Unidos de Norteamérica; La Comisión de Protección Fitosanitaria para el Caribe (CPFC); reúne a Barbados, Colombia, Costa Rica, Cuba, Dominica, Estados Unidos de Norteamérica, Francia, Granada, Guyana, Haití, Holanda, Jamaica, Nicaragua, Reino Unido, República Dominicana, Santa Lucía, Surinam, Trinidad y Tobago y Venezuela; La Junta del Acuerdo de Cartagena (JUNACC); formado por Bolivia, Perú, Ecuador, Colombia y Venezuela; El Comité Técnico Ad-hoc en Sanidad Vegetal para el Cono Sur (COSAVE); se integra por Argentina, Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay; La Organización Europea y Mediterránea de Protección Fitosanitaria (EPPO); incluye a Austria, Bélgica, Dinamarca, España, Francia, Holanda, Irlanda, Italia, Luxemburgo, Portugal, Reino Unido, Alemania, Suiza, Yugoslavia, Algeria, Bulgaria, Checoslovaquia, Chipre, Finlandia, Guernsey, Hungría, Irán, Israel, Jersey, Malta, Marruecos, Noruega, Polonia, Rumania, Suecia, Tunisia, Turquía y Ex-URSS; La Comisión de Protección Fitosanitaria para Asia y el Pacífico (APPPC); integrada por Australia, Bangladesh, Burna, Fiji, Filipinas, Francia, India, Indonesia, Kampuchea Democrática, Laos, Malasia, Nepal, Nueva Zelanda, Pakistán, Papúa Nueva Guinea, Portugal, Reino Unido, Samo Occidental, Sri Lanka, Tailandia y Vietnam; El Consejo Fitosanitario Interafricano (IAPSC); incluye todo el Continente Africano; La Comisión de Protección para el Cercano Oriente (NEPPC); aglutina a los países Irán, Irak, Jordania, Kuwait, Líbano, Libia, Pakistán, Arabia Saudita, República de Somalia, Sudán, Siria, República Árabe Unida, Qatar y Yemen y

finalmente la Comisión del Pacífico Sur (SPC) que agrupan a Samos Americana, Australia, Comunidad de las Islas Marianas del Norte, Islas Cook, Estados Federados de Micronesia, Fiji, Francia, Polinesia Francesa, Guam, Kiribati, Islas Marshall, Nauru, Nueva Celedonia, Nueva Zelanda, Nive, Isla Norfolk, Palau, Papúa Nueva Guinea, Islas Pitcairn, Islas Salomón, Tokelau, Tonga, Tuvalu, Reino Unido, Estados Unidos de Norteamérica, Vanuatu, Islas Walis y Futuna y Samoa Occidental.¹⁵

Los principios de la cuarentena vegetal comunes a todos los países que forman parte de las organizaciones internacionales de protección fitosanitaria son:

Soberanía: con el fin de impedir la introducción de plagas de cuarentena en sus territorios, se reconoce que cada país tiene plena autoridad para reglamentar, por medio de normas, la importación de plantas y productos vegetales y de otros materiales capaces de hospedar plagas de plantas.

Necesidad: Los países tomarán medidas restrictivas solamente cuando éstas sean necesarias, debido a consideraciones fitosanitarias para impedir la introducción de plagas de cuarentena.

Repercusiones mínimas: Las medidas fitosanitarias deberán estar en consonancia con el riesgo existente y sus restricciones serán, entre las disponibles, las menos severas, limitando en todo lo posible el impedimento de los desplazamientos internacionales de personas, mercancías y medios de transporte.

Modificación: A medida que las condiciones cambien y se obtenga nueva información, las medidas fitosanitarias deberán modificarse con prontitud, incorporando las prohibiciones restricciones o requisitos necesarios para su efectividad o eliminando aquellas que resultaren innecesarias.

Transparencia: Los países deberán publicar y divulgar la información sobre las restricciones y requisitos fitosanitarios, indicando las razones donde se basan tales medidas, si así se solicita.

Armonización: Las medidas fitosanitarias deberán basarse, en la medida de lo posible, en normas, directrices y recomendaciones preparadas en el marco de la Convención Internacional de Protección Fitosanitaria (CIPF).

Equivalencia: Los países deberán reconocer como equivalentes las medidas fitosanitarias, que aún cuando no sean iguales, tengan el mismo efecto.

Solución de controversias: Es preferible solucionar cualquier controversia entre dos países en relación con medidas fitosanitarias a un nivel técnico bilateral. Si no se puede solucionar la controversia dentro de un periodo razonable de tiempo, se podrá recurrir a un sistema de solución multilateral.

Cooperación: Los países habrán de cooperar para evitar la propagación e introducción de plagas de cuarentena y para fomentar medidas oficiales destinadas a combatirlas.

Autoridad Técnica: Los países establecerán una organización oficial de protección fitosanitaria.

Análisis de riesgos: A fin de determinar que plagas se consideran de importancia cuarentenaria, así como el alcance de las medidas que han de tomarse contra ellas, los países deberán usar métodos de análisis de riesgos basados en pruebas biológicas y económicas, también en lo posible, usar los procedimientos preparados en el marco de la CIPF.

Actuación ante los riesgos: Dado que siempre hay un riesgo de introducción de plagas de cuarentena, los países deberán convenir en una política de actuación ante los riesgos al formular medidas fitosanitarias.

Zonas libres de plagas: Los países reconocerán la condición de zonas en las que no se encuentra establecida una plaga específica. Cuando así se solicite, los países donde se encuentran las zonas libres de plagas deberán demostrar esta condición, basándose en procedimientos preparados en el marco de la CIPF.

Medidas de urgencia: Al encontrarse con situaciones fitosanitarias nuevas o inesperadas, los países podrán tomar medidas inmediatas de urgencia, basadas en un análisis preliminar del riesgo de plagas. Dichas medidas de urgencia serán de carácter temporal y se someterán a un análisis detallado de los riesgos lo antes posible para determinar su validez.

Notificación de incumplimiento: Los países importadores deberán informar con prontitud a los países exportadores del incumplimiento de cualquier prohibición, restricción o requisito fitosanitario.

No discriminación: Las medidas fitosanitarias se aplicarán sin discriminación entre países con la misma condición fitosanitaria, si se puede demostrar que han utilizado medidas fitosanitarias iguales o equivalentes en la lucha contra las plagas. En el caso de que una plaga de cuarentena se encuentre ya en su país, se deberán aplicar las medidas igualmente, sin discriminación entre los envíos internos e importados.

En nuestro país se publicó en 1992 la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, en la cual se establece que las regulaciones de carácter obligatorio, que expidan las instituciones del Ejecutivo Federal, deben ser publicadas como Normas Oficiales Mexicanas, así también en 1994 se publicó la Ley Federal de Sanidad Vegetal que tiene por objeto regular y promover la sanidad vegetal; dentro de este conjunto están las NOM de cuarentenas interiores y exteriores publicadas, por parte de la Dirección General de Sanidad Vegetal, en el Diario Oficial de la Federación. Actualmente se tienen publicadas normas de cuarentena exterior, que protegen a los cultivos de mayor importancia en México como son: plátano, cítricos, papa, arroz, algodón, cocotero, caña de azúcar, trigo, maíz y café (Anexo 9.1A).

Así también se tienen publicadas normas sobre requisitos fitosanitarios para la importación de vegetales, sus productos y subproductos, material vegetal propagativo, frutas y hortalizas frescas, flor cortada y follaje fresco, granos y semillas, excepto para siembra; nueces, productos y subproductos vegetales procesados y deshidratados (Anexo 9.1B).

2.2. Descripción de las principales especies de insectos de granos.

Los insectos de granos almacenados, son también denominados insectos de almacén debido a su abundante proliferación en trojes, bodegas y silos; Sin embargo, muchos de estos pueden infestar el grano desde el campo y durante su transportación, lo cual les ha permitido diseminarse ampliamente.²

Los insectos de granos, gorgojos (coleópteros) y palomillas (lepidópteros), son considerados como plagas de importancia económica, debido a su alta tasa de reproducción y su alta capacidad devoradora, no obstante su tamaño pequeño, así como también su gran adaptación a los granos almacenados después de cosechados, entre los que destacan; el gorgojo “khapra” (*Trogoderma granarium* Everts), el gorgojo del trigo (*Sitophilus granarius*), el gorgojo del arroz (*S. oryzae*), el gorgojo del maíz (*S. zeamais*), el barrenador de los granos (*Prostephanus truncatus*), el barrenillo de los granos (*Rhyzopertha dominica*), el gorgojo pardo del frijol (*Acanthocelides obtectus*), el gorgojo pinto del frijol (*Zabrotes subfasciatus*), el gorgojo tribolio de las harinas (*Tribolium confusum*), y la palomilla dorada de los cereales (*Sitotroga cerealella*).⁶

Los coleópteros y lepidópteros pertenecen, según su metamorfosis, a insectos holometabolos, es decir, que pasan por 4 estadios biológicos: huevo, larva, pupa y adulto, siendo estos órdenes los que agrupan a los de mayor importancia económica. Los estadios dañinos dentro del orden Coleoptera son sus larvas y adultos y para el caso del orden Lepidoptera son sus larvas.⁴

Los insectos de almacén son considerados como plaga porque consumen parte de los granos y reducen su valor alimentario, además, de contaminarlos con sus cuerpos, mudas, excrementos, sedas y olores.

En términos generales se han hecho estimaciones de las pérdidas que producen los insectos de almacén, y se puede señalar que van del 5 al 10% en aquellos sitios en que el manejo y conservación del grano son realizados en forma más o menos adecuada, llegando a niveles del 30 al 40% en el medio rural, donde las condiciones de almacenamiento son muy precarias o no existen del todo.⁹

El gorgojo “khapra” (*Trogoderma granarium* Everts), es una plaga de mercancías almacenadas que tiene una amplia gama de productos agrícolas en los que puede sobrevivir, tales como harinas, pieles, pastas, fibras, sangre deshidratada, leche en polvo, harina de carne, harina de pescado, entre otros. El daño que ocasiona a los granos almacenados varía del 33% al 75%, dependiendo de las condiciones climáticas y de almacenamiento.³⁷ De hecho es una de las más dañinas para los granos en el mundo; actualmente su distribución es localizada en ciertos países de África, Asia y Europa. En 1953 fue descubierto en el distrito de Tulare, California, USA y se extendió a Arizona, Nuevo México y Texas.^{4, 6} Incluso en 1953 llegó a México hasta Baja California, en 1958 a Sonora y a la ciudad de Guadalajara en 1959. Después de un programa cuarentenario USA- México, entre 1957 y 1959 los

trabajos de inspección y fumigación se realizaron en colaboración con el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) y la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH) lográndose la erradicación del gorgojo “khapra” en México, reportado por McGregor en 1959. Por tal motivo, se creó la Cuarentena Exterior Número 14 la cual fue publicada en 1966 para evitar la introducción nuevamente a México de esta plaga.³⁷ y actualmente es la Norma Oficial Mexicana NOM-005-FITO-1995 que se refiere específicamente al gorgojo “khapra” como plaga de importancia económica potencial o cuarentenaria.

En mi experiencia con ANDSA en 1983, observamos insectos de la familia Dermestidae a la cual pertenece *Trogoderma granarium*, en las bodegas tipo Red Nacional de la Unidad de almacenamiento Gral. Andrés Figueroa, ubicada en Guadalajara, Jal. Después de una inspección exhaustiva y un muestreo efectuado por los técnicos de ANDSA en las bodegas, se obtuvieron especímenes que fueron enviados y posteriormente evaluados por especialistas en el Instituto de Biología de la UNAM y la Dirección General de Sanidad Vegetal en aquel entonces de la SARH, indicando que se trataba de *T. grassmani* y *T. ornatum*. De cualquier manera, las bodegas fueron fumigadas con bromuro de metilo.

Aunque las especies de insectos, relacionados con productos almacenados en el mundo, son aproximadamente 250, en México se han reportado solamente 52 de las cuales cerca de 20 especies causan verdaderos problemas en el almacén, por lo que su identificación se simplifica. (Anexo 9.2.).^{25, 28}

Con relación al daño que producen a los granos almacenados han sido clasificados en insectos primarios, insectos secundarios e insectos terciarios.

Los insectos primarios son capaces de ocasionar daños a los granos sanos, enteros, limpios y secos. Como parte de su alimentación y desarrollo, producen perforaciones o galerías circulares características en el grano y por otra parte los insectos secundarios que son incapaces de perforar el grano entero, sano, limpio y seco, se alimentan de harinas o granos quebrados (provocados durante la cosecha mecanizada o durante el manejo mecanizado en bodegas y transportes o cuando han sido dañados por los insectos primarios).^{3, 11, 14}

Los insectos terciarios son aquellos que proliferan en los granos, que fueron dañados por los insectos primarios y secundarios o que han sido invadidos por microorganismos de almacén y que por lo mismo se encuentran en un estado avanzado de deterioro.^{25, 45, 56}

Con el propósito de orientar métodos de control eficaces contra cualquiera de las especies de insectos de almacén, considerados como plaga, es necesario conocer su ciclo de vida, hábitos alimentarios y daños que producen. Con la idea de facilitar su identificación se describen 25 especies diferentes (Anexo 9.3.) Incluyendo 19 coleópteros y 6 lepidópteros ordenados según su importancia.

2.3. Métodos de combate y control de plagas de importancia económica y cuarentenarios comúnmente utilizados en México.

Para el control de insectos de almacén, los métodos químicos probablemente seguirán siendo un recurso indispensable, sin embargo, el uso de sustancias químicas frecuentemente tiene problemas en su aplicación debido al desconocimiento de las técnicas, implicando un riesgo para la salud y en el ambiente³⁰. Adicionalmente, los insecticidas a través del uso constante pueden perder sus propiedades contra ciertas especies de insectos que se hacen resistentes y por lo tanto requieren dosis más altas, sinergismo con otros plaguicidas o bien la alternancia de productos. Es importante destacar que la Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas (CICOPLAFEST) ha establecido desde 1991 un Catálogo Oficial de Plaguicidas Autorizados con la participación de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA); Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT); Secretaría de Salud (SS) y la Secretaría de Economía (SE).⁵

Por otra parte, la conservación de nuestra Biosfera exige la aplicación de métodos más compatibles con la flora, fauna, suelos, mares, ríos y lagunas. El control de insectos de almacén, en particular los que dañan a los granos, no se limita al uso de químicos y cada vez más se aplican otros métodos tales como cribado, secado y aireación, refrigeración, radiaciones ionizantes y luz infrarroja, no obstante éstos tres últimos, debido a su alto costo, impiden su utilización en nuestro país.

A continuación se citan los métodos comúnmente usados para el combate y control de insectos de almacén con el propósito de establecer el marco teórico.

2.3.1. Reseña histórica del control de insectos en México.

2.3.1.1. Tiempos prehispánicos.

Los antiguos mexicanos seguramente se vieron obligados a combatir a las plagas en los momentos posteriores a la cosecha, para lo cual se sirvieron del cernido, el sacudimiento y la vibración de los granos antes de ser almacenados. Es probable que la ineficiencia de éstos métodos los haya obligado a utilizar insecticidas vegetales y a emplear otros sistemas de combate de plagas. De esta manera, el descubrimiento de las propiedades de algunos vegetales y minerales permitió dar una nueva batalla, posiblemente se hayan empleado; infusiones de tabaco, el polvo extraído del "hueso" de mamey, o las hojas de jitomate como medios insecticidas.⁴⁷ Por otra parte se sabe que los aztecas quemaban chile debajo de sus graneros (trojes, cincalloti y cuescomatl).

Es por demás interesante transcribir un texto de Fray Bernardino de Sahagún (1499-1590) en su obra Historia general de las cosas de la Nueva España. *"Otra sala del palacio del tlatoani se llamaba petlacalco. En este lugar posaba un mayordomo del señor, que tenía cuenta y cargo de todas las trojes de los*

mantenimientos del maíz que se guardaban para el proveimiento de la ciudad y la republica, cabían {en ellas} dos mil fanegas de maíz (actualmente 300 Ton) de veinte años sin dañarse; también había otras trojes en las que se guardaba mucha cantidad de frijoles.”

Otra referencia que hace mención a la buena conservación del maíz es el texto de Fray Antonio de Mota y Escobar⁴⁷ *“Cuezcomatepec es el pueblo de las trojes porque dicen que las tenía aquí Moctezuma de mucha cantidad de maíz, por ser tierra tan fría se conservaba aquí como deposito para los tiempos de hambres”*

Así también Francisco Javier Clavijero¹⁰ en su libro; Historia antigua de México, señala *“Sus trojes eran cuadradas y por la mayor parte de madera. Servíanse para esto principalmente del oyametl, que es un árbol altísimo y muy derecho, de tronco redondo, de corteza sutil y lisa, de pocas ramas y muy delgadas y de una madera correosa y difícil de romperse y apollarse. Formaban estas trojes sobre un envigado de pino, disponiendo en cuadro los troncos de oyametl, hasta la altura que sin más labor que unas muescas o hendiduras que les hacían en las extremidades para encajar un tronco con otro y unirlos tan estrechamente que no permitieran el paso de la luz. En llegando al cuadro a la altura que habían determinado darle, lo cubrían con otro envigado de pino y sobre él formaban el techo para defenderle de la lluvia. Tenían estas trojes la puerta en la parte superior y en la inferior una ventanilla. Eran tan grandes que contenían 5 ò 6,000 y aún más fanegas de maíz.”*

Desde mi punto de vista definitivamente existe una relación directa entre el tipo de almacén o troje, el clima frío y la buena conservación del maíz que utilizaban los antiguos mexicanos, por lo que el control de insectos, podemos pensar, se complementaba con la limpieza del maíz o frijol por simple cernido y la aplicación de algunas plantas con propiedades insecticidas. Verdaderamente son sorprendentes los grandes volúmenes de granos que se conservaban.

2.3.1.2. Periodo colonial en la Nueva España 1521-1810

En la Nueva España las autoridades virreinales mantuvieron una determinada política de abasto encaminada a evitar la escasez y la carestía de los principales productos alimenticios en las ciudades, particularmente en la ciudad de México. Como parte de esta política de abasto introdujeron la costumbre española de almacenar granos en depósitos (positos y alhóndigas) expresamente dedicados a satisfacer las necesidades de una determinada población, especialmente en épocas críticas en la agricultura.¹⁰

Con motivo del establecimiento de almacenes públicos denominados alhóndigas desde 1538 hasta 1811, estas construcciones conducían a la fermentación de los granos y el nacimiento de gorgojos. Los métodos tradicionales para conservar el grano se reducían al simple traspaleo cuando comenzaban a picarse o a calentarse. Todo parece indicar que las alhóndigas no eran precisamente, el mejor lugar para guardar los granos y la harina, siempre faltaba espacio; muchas de ellas al no contar con un techo, se convertían durante la época de lluvias en el lugar ideal para que los granos se pudrieran; por supuesto que estos edificios no

contaban con drenajes, eran construidas en adobe y presentaban una excesiva ventilación. Además de estas edificaciones existieron graneros privados en las grandes haciendas. Estas trojes eran, por regla general, de piedra y en su interior contenían hasta tres naves, sus pisos eran, preferentemente, pavimentados para evitar las plagas, tenían una sola entrada y tres ventanas. A pesar del mejor estado que guardaban en comparación con los primeros, sus construcciones también conducían a la fermentación y el nacimiento de gorgojos.

Debido a esto, José Antonio Alzate y Ramírez en 1772 realizó un estudio sobre las formas tradicionales de controlar a las plagas,^{47, 48} puntualizando:

“La industria de que actualmente se valen, los que tienen a su cargo el cuidado de los granos, se reduce a traspalearlos, cuando ven comienzan a calentarse, o a picarse, expresiones de que se usan para denotar que el gorgojo comienza a nacer. Este es muy buen remedio, porque con el traspaleo, se da un nuevo aire al montón de semillas, se refrescan, y por un tiempo se suspende el nacimiento del gorgojo, por no tener calor que les es necesario para vivir. Este remedio paliativo solo sirve para un corto tiempo, y aunque los gorgojos ya nacidos o prontos a nacer perezcan por aquel fresco, que se causa por el traspaleo; los huevesillos depositados en el interior de los granos, son como el enemigo en emboscada pronto a acometer a la primera ocasión favorable”

Por otra parte también plantea una serie de propuestas encontradas en escritos de célebres físicos monsieur Deslandes y el insigne inglés Halles, para conservar los granos libres de insectos⁴⁷ y lo explica de la siguiente manera:

“Suspenden en cada granero a distancia igual cuatro o seis lámparas de cobre, en las cuales cada mes se encenderán unas mechas de azufre, el olor y humo que ministraran estas mechas, infinitamente útiles y saludables, harán perecer sin duda, todos los gorgojos y demás insectos... pero es preciso antes de esto cerrar bien las puertas y ventanas, para que el humo de azufre no se disipe. Si la necesidad lo requiere, se puede renovar más a menudo esta fumigación y se vera cuan ventajosos y eficaces efectos se consiguen, según monsieur Deslandes”

“Halles, en una de sus instrucciones para marineros, encarga también el uso de azufre, para extirpar los insectos, pero se sigue diferente método. En lugar de las lámparas dispone se empleen unos manojos de trapo azufrado los que se ponen a arder en el suelo del granero (se entiende estando enladrillado o enlosado, y no cubierto de madera) se colocan dichos manojos en tal distancia unos con otros, de manera que a cada espacio de cuatro varas en cuadro, le corresponda un mechón. También advierte, se cierren puertas y ventanas, luego se enciendan. Si el suelo es de madera, ya se ve que entonces será necesario usar todas las precauciones posibles, para evitar un incendio, disponiendo unos braceros u otra cosa equivalente, para que ardan los mechones, sin peligro del granero. Si este se halla en alto, bastará quemar el azufre en la pieza inferior correspondiente, con tal que haya unos agujeros por donde pueda pasar el azufre de la plaza inferior al granero.”

Los vapores que produce el azufre encendido se utilizaron como desinfectantes de casas durante cientos de años. Según cuenta Homero en su Odisea (Od. XII, 481,

482), era una práctica común ya en el siglo XII a.C.⁶

Los dos métodos anteriores eran peligrosos por razones obvias, por lo que propuso un método alternativo que, según José Antonio de Alzate, le fue propuesto⁴⁸ y lo escribe de la siguiente forma:

“Expuesto ya este fácil y seguro camino para la conservación de los granos, propondré la idea que se me ha ofrecido (...) me parece mucho mas fácil excusar estas lámparas de mechones, disponiendo en el suelo de los graneros de manera, que debajo del enladrillado, enlosado, o lo que fuere, se disponga un cañón principal, ya sea de hoja de lata, de ladrillo o de lo que se quisiere, que atraviese por el tramo mayor del granero; a este cañón principal otros de menor diámetro, y en numero proporcionado a los montones de semillas que regularmente se guardan en cada pieza, para que a cada montón le corresponda a la parte inferior, y hacia el centro uno de ellos es innegable, que entonces cada montón se inserte muy bien el azufre, pues este sube de la parte inferior a la superior, atravesando todo el montón, y con menos cantidad se logra más efecto que con las lámparas y los mechones (...), no es dudable que si se dispone de una hornilla por la parte de afuera de el granero, en la cual se queme el azufre, la que comuniquen con el cañón principal, de manera que no tenga otro respiradero; entonces todo el humo penetra en el, hasta salir por los cañones más pequeños y como las bocas de estos se hallan, por la disposición que se les dio, inferiores al montón de semillas, todo él queda perfectamente azufrado, y precisamente libre de los perniciosos insectos, resultando de este método también la gran ventaja de libertar al granero del peligro de un incendio (...).”

En lo personal es interesante saber que el enfoque para resolver el problema se basa en el método de la aplicación homogénea del humo, en este caso anhídrido sulfuroso, producido por la quema del azufre, hacia la masa del granel, mediante las tuberías. También son evidentes los conceptos de difusión del humo, asimismo de la hermeticidad, es decir, de la necesidad de cerrar puertas y ventanas para evitar la disipación del humo, además de conocer la influencia del clima, en el desarrollo y la reproducción del gorgojo en el trigo y el maíz, es decir, se vislumbra el enfoque científico.

2.3.1.3 Periodo de la independencia (1811-1876)

Hacia 1822 se dio fin al sistema de alhóndigas y positos creados por el gobierno colonial, no obstante estos sistemas fueron resucitados entre 1823 y 1825.

Pocos años después de la entrada del ejército trigarante a la ciudad de México, en 1837 el gobierno nacional inicio un proyecto para construir en algunos puertos almacenes de deposito, sin embargo, y tal vez debido al constante estado de guerra, hacia 1842 este proyecto fracaso, sin haberse logrado siquiera construirse un almacén.⁴⁷ Esto no implico abandonar la idea de la construcción de estos almacenes ya que el Ministerio de Fomento correspondiente al año 1857 informa lo siguiente:

“La carencia de edificios propios y cómodos para el despacho de las aduanas

marítimas y para almacenar mercancías es casi general en los puertos de la república”.

Este diagnóstico dio inicio a la construcción de almacenes en los puertos de Manzanillo, El Carmen, Sisal, Matamoros, La Paz, San Blas, Altata y Veracruz. De nueva cuenta debido al estado de guerra solo algunas de estas obras lograron concluirse y funcionar. Así también a principios de 1855 aparecieron múltiples inventores novohispanos que buscaban mejorar o crear técnicas aplicables a los productos agrícolas, por ejemplo: Julio Laverriere en 1857, introdujo a México una máquina para la limpieza y conservación de granos.⁴⁹ Dos años más tarde el ciudadano francés Jovin Boivin solicitó la introducción de una máquina para desgranar y limpiar maíz, con una capacidad de 15 cargas por día.⁴⁸

Otro ejemplo, Samuel Agustín Pedro solicitó un privilegio de 15 años para construir e instalar máquinas secadoras, las cuales por medio de fuerza centrífuga, liberaban a las semillas de la humedad con lo que permitía una mejor y más larga conservación; En este aspecto, es evidente que los inventos para la limpieza y secado de granos, desde esos tiempos, pretendían disminuir el ataque de insectos y hongos que provocaban el agorramiento y fermentación durante su almacenamiento. Cabe señalar que en este tiempo se continuó usando azufre para el control de insectos.

En este periodo de anarquía hacia 1866 se fundó la primera empresa que tuviera como giro ser un almacén de depósito, tras la solicitud de Amadee Lutton & Cia a Maximiliano I (Fernando José de Habsburgo 1864-1867) y dentro de la misma autorización del Emperador Austriaco se fijó a Lutton la necesidad de establecer tales almacenes en las ciudades de México, Puebla, Orizaba, Veracruz, Matamoros, Tampico y San Luis Potosí. Sin embargo a pesar de los decretos por parte del Emperador, esa empresa no lograría, al parecer, funcionar ante la caída de Maximiliano I, pocos años después. La guerra y la anarquía, obligaban a detener una parte del progreso. No fue sino hasta la consolidación del estado nación bajo el régimen porfirista que el almacenamiento de granos y todas sus implicaciones renacerían con nuevos bríos.⁴⁷

2.3.1.4. Periodo del porfirismo (1877-1910)

El porfirismo fue el momento en el cual la mayoría de proyectos creados en el periodo de la anarquía se convirtieron en realidades los inventos, las empresas de almacenaje, la legislación y el desarrollo de las nuevas tecnologías, tanto al interior de los graneros como para enfrentar a las plagas.⁴⁷

En este periodo florecieron una serie de proyectos legislativos que van desde los códigos de comercio de 1884 y 1889 hasta la promulgación de la Ley sobre Almacenes Generales de Depósito en 1900; al tiempo que se crearon una serie de empresas como los Almacenes Generales de México y Veracruz en 1901 y los proyectos de Rivas, Taylor & Howat para construir elevadores de granos en 1903; pero sobre todo, durante estos años se presentó una revolución tecnológica en el almacenaje y la fumigación, que se mencionan en los artículos publicados en las revistas especializadas de la época: *El Agricultor Mexicano*, *El Heraldo Agrícola* y

el *Boletín de Agricultura, Minería e Industrias* entre otras^{47, 48}.

El control de las plagas durante el porfiriato tuvo un desarrollo rapidísimo; no solo se incorporaron nuevos productos (Tabla 1), sino que se creó una nueva concepción de los procesos de fumigación. Es más se puede pensar que a diferencia de los periodos anteriores, en el cual la lucha contra los insectos se dio solo a base de azufre, en esta época se logró generar un abanico de posibilidades para enfrentar a éstos organismos.⁴⁸

Tabla 1. Principales fumigantes utilizados contra el gorgojo durante el porfirismo.

| Año | Promotor | Tipo de Fumigante |
|------------|---|--|
| 1893 | Boletín de agricultura, minería e industrias. | Bisulfuro de Carbono |
| 1894 | Boletín de agricultura, minería e industrias. | Vapores de Sulfuro de Carbono |
| 1902 | El Heraldo Agrícola. | Bicloruro de Mercurio |
| 1908 | Román Ramírez. | Bencina, gasolina, petróleo, bisulfuro de carbono. |
| 1908 | El Agricultor Mexicano | Infusiones de ajo. |

Por otra parte, cabe mencionar que el uso del bisulfuro de carbono data desde 1854, cuando Lazare Garreau publicó un informe en el que explica que es el fumigante más activo contra gorgojos del trigo de todos cuantos había utilizado.⁶

Tomas J. Scout en 1883 solicitó en México la utilización de un nuevo insecticida a base de bisulfuro de carbono en forma líquida, mediante el cual se pretendía de un “modo efectivo y barato destruir los insectos como hormigas y otras clases que son dañinos”.⁴⁷

En la revisión de la literatura Cotton, en 1979, señala que el bisulfuro de carbono no solo se utilizó en México sino en California, USA y Francia,⁶ por lo que pienso que hasta ese momento nuestro país en materia de fumigaciones se acercaba aún más al uso de tecnología de punta en aquella época. Considero que el avance o el progreso para el control de insectos de almacén empezó, en este país, desde el uso de las tuberías para la distribución del humo de azufre hasta la aplicación de bisulfuro de carbono.

Otro aspecto sobresaliente fue la revolución del almacenaje en las haciendas. Las publicaciones de las revistas mencionadas en líneas anteriores buscaban poner al día a los hacendados y demás personas con intereses en el campo, a través de una serie de artículos que hablaban lo mismo de rotación de cultivos que de injertos, abonos, fumigantes, maquinaria, silos, graneros, trojes y otras formas de

almacenamiento.

En la revista de mayo de 1900, "El Agricultor Mexicano" explicaba cuales eran las cualidades que deberían observarse en la construcción de graneros.⁵⁰

"En la construcción de graneros (...) deben tenerse en cuenta varias condiciones. En primer término debe elegirse un lugar bien aireado, de alguna elevación, alejado de parajes húmedos, pantanosos o que desprendan emanaciones perjudiciales. Los muros del departamento que nos ocupa, deben estar perfectamente enlucidos, y de bastante espesor (50 cm.), no solo para su mayor solidez, sino para colocar los productos al abrigo de las heladas y protegerlos del calor y la humedad"

Sobre el sitio de colocación de granos en estas construcciones, El Agricultor Mexicano⁵⁰ recomendaba que:

"Los montones de granos deben colocarse aislados, de suerte que no toquen a las paredes, sometidos a frecuentes traspaleos a fin de ventilarlos y refrescarlos (16 o 18 veces al año)"

También, sobre las condiciones ambientales que deberían guardar los granos, la publicación antes citada señalaba:

"Para la conservación de los trigos es, pues, de todo punto indispensable despojarles de toda traza de humedad y mantenerlos, a ser posible, bajo la acción de una temperatura inferior a 12 (grados)."

En otro artículo de la misma revista en 1908 señala:⁵⁰

"Recordemos brevemente algunas cualidades de los graneros bien contruidos: sequedad, ventilación, temperatura baja, lisura de paredes, pisos y techos, cierre exacto de puertas y ventanas; telas finas de alambres en todas las aberturas para que no penetren los animales."

En lo personal es por demás interesante, ver que en esta época se van sumando conocimientos, ya no solo se habla de la humedad de los granos, de la temperatura de estos, de la limpieza, del número de traspaleos al año, sino de las condiciones y materiales de construcción de los almacenes y graneros.

Hacia 1902 Vicente Antonio Fernández cita:⁵⁰

"No cabe duda que las regiones calidas y húmedas son propensas al descalentamiento de los granos y, por consiguiente al desarrollo rápido y tenaz del gorgojo", también comenta, "la humedad atmosférica, la permeabilidad de las construcciones que sirven de depósito y la temperatura de los granos, ejercen grande influencia en su buena o defectuosa conservación".

"Varias son las medidas preventivas y curativas; las primeras aconsejan locales bien ventilados, sin calor y de temperatura fría sin humedad, pues los insectos permanecen embotados y por consiguiente, sin poderse reproducir a una temperatura de 9°C; las paredes deben estar enjarradas en ambos lados con buena cal. Las curativas, tienden a destruir el insecto, empleando sustancias denominadas insecticidas".

“Una vez cerradas herméticamente las puertas y ventanas del granero, con el objeto de reconcentrar la sustancia insecticida en el grano infectado, se colocan en pequeños braseros 10 gramos de bicloruro de mercurio por hectolitro de grano. En 24 horas después de fumigado y si las larvas no son considerables desaparecen por completo.”

“Si a pesar del señalado tratamiento persisten las larvas, recúrrase al sulfuro de carbono, mezcla del azufre y del carbono; el insecticida más poderoso que se conoce.”

“he tomado varias cajas de hoja de lata con las paredes agujeradas, en las cuales he puesto sulfuro de carbono en la proporción de 15 gramos por hectolitro de grano, las cajas cerradas fueron puestas encima del maíz de manera que el sulfuro, al evaporarse, bajase y estuviese en contacto con la masa del grano, cerré la caja herméticamente. Un año después encontré el grano que ya esta atacado por el gorgojo, casi intacto; el gorgojo, pues, no se había propagado gracias al sulfuro de carbono. Los vapores del sulfuro de carbono diseminados en el aire, forman una mezcla capaz de hacer explosión al contacto con un cuerpo en ignición. Conviene desde luego prohibir que fumen las personas al manejarlo ó aplicarlo.”

Nuevo procedimiento para destruir el gorgojo del trigo.⁵⁰

“En una caldera se introducen 30 cabezas de ajo perfectamente machacadas, sobre las cuales se vierten 10 a 12 litros de agua hirviendo y se revuelve la mezcla. Después de transcurridos algunos minutos se filtra dicha mezcla y el liquido obtenido se introduce en un pulverizador cualquiera de los que se utilizan para sulfatar la viña.”

“El trigo atacado de gorgojo se amontona en el centro del granero, y con el líquido se pulveriza todo el piso, las puertas y ventanas, así también indica, una vez terminada esta operación, se extiende el grano en una capa de 25 a 30 cm. de espesor, teniendo antes cuidado de pulverizar la parte del piso ocupado por el montón. Para remover el trigo se emplean palas, las cuales se frotan cada tres ó cuatro minutos con ajos partidos.”

“Al día siguiente se revuelve el trigo con las mismas palas, embadurnándolas de igual modo y la operación queda terminada.”

“Según el (francés) profesor Carre, con dicho tratamiento se consigue la destrucción completa del gorgojo, y olor del ajo que toma el trigo desaparece al cabo de unos pocos días. Aún es más: el trigo así tratado, adquiere, al decir de dicho autor, un aspecto muy hermoso, que se aprecia mucho en el mercado.”

Mis comentarios, respecto a la descripción de la fumigación con el bicloruro de mercurio y en caso de que fallare aplicar sulfuro de carbono e incluso la utilización de caldo de ajos, son en éste sentido, la necesidad de contar con alimentos libres de insectos, forzó la búsqueda de los métodos que se aplicaban en varias partes del mundo y adaptarlos a las condiciones de almacenamiento en nuestro país.

2.3.1.5. Época revolucionaria.

En el año 1910 estalló la revolución y la idea de orden y progreso comenzó a fracturarse. Primero se luchó contra Porfirio Díaz y por último se hicieron la guerra los diversos grupos revolucionarios: villistas, carrancistas, zapatistas, y obregonistas. Por lo que se refiere al control de plagas, no encontramos nuevos implementos durante los años de la lucha armada.⁴⁷

2.3.1.6. Época post-revolucionaria.

Antes de abordar o escribir sobre el control de insectos en esta época considero conveniente exponer que de acuerdo a la información recabada, el punto más sobresaliente es que en nuestro país desde el Porfirismo hasta la época post-revolucionaria los procedimientos para la aplicación de fumigantes indican que se tenían claros los conceptos de plaga, hermetización, propiedades fisicoquímicas de los fumigantes y su peligrosidad en la aplicación, tiempo de exposición, influencia de la temperatura en la difusión del fumigante, actividad biológica de las plagas y la influencia del clima en la proliferación y desarrollo de los insectos de granos almacenados.

Los fumigantes son agentes químicos insecticidas que actúan a la temperatura ambiente en estado gaseoso y ejercen su actividad tóxica penetrando a los tejidos del cuerpo por conducto del sistema respiratorio a través de los espiráculos, traqueas y traqueolas. Su efectividad depende del ritmo respiratorio de los insectos en sus diferentes fases de desarrollo. La temperatura óptima para la actividad de los insectos en las que el ritmo respiratorio es más elevado, ofrecerá las condiciones más adecuadas para la fumigación. A medida que sea más baja la temperatura, mayor será la dosis necesaria y más largo será el periodo requerido para la fumigación. De esta forma los estados biológicos más inactivos respiratoriamente, serán más difíciles a la acción de los fumigantes.²⁷

Así también, debido a su forma gaseosa, tienen la propiedad de penetrar en el espacio libre de los productos (espacio intergranular), así como en las hendiduras y grietas de los almacenes o transportes, envenenando a los insectos presentes. Debido a ello resultan de gran utilidad para la desinfestación de silos, bodegas, furgones, tolvas de ferrocarril y bodegas de barcos. Cabe mencionar que los fumigantes tienen un efecto inmediato, más no a largo plazo, porque éstos productos carecen de propiedades residuales.^{6, 27}

Los fumigantes a través del tiempo han sido seleccionados o eliminados gradualmente por razones de peligrosidad en la aplicación debido a su explosividad o flamabilidad.

Los fumigantes y otros gases que sirven para el control de insectos de almacén que se han descontinuado son:

Ácido cianhídrico, generado a partir del cianuro calcico; amoniaco, causa

ennegrecimiento del grano fumigado y afecta la germinación; anhídrido sulfuroso, generado a partir de la quema de azufre, cloro, altamente tóxico para seres humanos; dibromometano, altamente tóxico para mamíferos y flamable; metil formato, gran flamabilidad y poder de explosión; óxido de etileno, no deja residuos ni olores en los productos es flamable y afecta la germinación; paradiclorobenceno, confiere un olor a los alimentos fumigados que no permiten su empleo; sulfuro de carbono, altamente flamable y explosivo; tetracloruro de carbono, se utiliza como fumigante pero mezclado con otros, que son explosivos y flamables; tricloroacetnitrilo, tiene efectos insecticidas comparables con los fumigantes más tóxicos; tricloroetileno, se mezcla con otros fumigantes para disminuir su flamabilidad y tiene una toxicidad comparable con el tetracloruro de carbono.

En el ámbito mundial los fumigantes han sido utilizados en forma individual o combinada, dependiendo de su flamabilidad o explosividad, por ejemplo la mezcla del sulfuro de carbono (muy flamable) con tetracloruro de carbono (no flamable) en una proporción 1:4 es aplicable a granos pequeños (214ml/m³), sorgo (642ml/m³) y maíz (535ml/m³) sin riesgos de explosión.⁶

La fumigación de granos almacenados con bisulfuro de carbono siguió utilizándose en México^{50, 51} de acuerdo a la revista *El Agricultor Mexicano* quien publica nuevamente en marzo 1936 más información relacionada con la que publicó en 1893, por lo que considero pertinente transcribirla:

“Muchos son los procedimientos probados y utilizados para combatir plagas de almacenes y graneros hoy en día el método más aconsejado y útil es la fumigación por medio de gases o vapores venenosos que permite tratar las mercancías atacadas, incluso en sus empaques, y que puede verificarse al aire libre, cubriéndolos con lonas impermeables, en los almacenes corrientes o en cámaras preparadas especialmente para éste fin, los resultados son naturalmente tanto más perfectos cuanto más completo sea el aislamiento que impida la salida del gas.”

“El bisulfuro de carbono es el más conocido y usado de los fumigantes es un líquido incoloro, mas pesado que el agua, tiene una densidad aproximada de 1.25, es muy volátil, se evapora rápidamente formando un gas que es 2.63 veces más pesado que el aire, de olor fuerte, penetrante, etéreo, ligeramente desagradable.”

“El bisulfuro hierve a una temperatura de 46° C y forma un gas que mezclado con el aire es inflamable y explosivo; entre 50 y 150 gramos por m³ de aire, se forman mezclas flamables y de 150 a 800 gramos por metro cúbico, se vuelven explosivas”.

“Por ser más pesado su vapor que el aire, puede verse fácilmente escapando hacia debajo de las paredes de recipientes abiertos que contienen el líquido. Como tiende siempre a bajar el vapor, es más denso y tiene una toxicidad mayor en los niveles inferiores”.

“Si se fumigan silos o graneros que contengan gruesas capas de cereales, se podrá derramar el bisulfuro directamente sobre los granos, para obtener una penetración mejor. El bisulfuro debe tener una pureza del 99.9% para que no se

dañen los granos en lo más mínimo con la acción de los gases”.

“Tanto los granos como las harinas pueden utilizarse para la alimentación, no quedando ningún remanente de gas en los productos fumigados.”

“Para hacer una fumigación se deben seguir cuidadosamente las siguientes instrucciones, las cuales son muy sencillas y aseguran resultados efectivos.”

Local.- Se debe disponer de un local cerrado o lo que pueda cerrarse herméticamente, como una bodega de techo de bóveda o de terrado, trojes, silos o pequeños cuartos de madera contruidos especialmente para este objeto, cubriendo la madera exteriormente con papel creosotado o impermeabilizados con parafina o chapopote.

Las ventanas, hendiduras, agujeros en las paredes y rendijas en las puertas, se deberán tapar con papel periódico pegándolo con engrudo de almidón, o de harina. Se debe dejar una puerta de fácil acceso sin tapar, para poder salir rápidamente después de distribuir el bisulfuro en el interior de local.

Cantidad y distribución del bisulfuro.- Se determinará cuidadosamente la capacidad del local, midiendo el largo, el ancho y la altura en metros y multiplicándolo entre si cada una de esas cantidades, dará el volumen en metros cúbicos. Una vez obtenido el volumen se multiplicará por la dosis correspondiente de bisulfuro por metro cúbico. El bisulfuro se deberá distribuir en recipientes de poca profundidad, con el objeto de facilitar su evaporación. Se pueden aprovechar cazuelas o bandejas de peltre. Es conveniente colocarlo en cantidad que no exceda de 2 a 3 kilogramos por recipiente, de modo que si es necesario utilizar una cantidad mayor de 3 kilos, se deberá distribuir en varios recipientes para que la difusión de los gases sea más rígida y uniforme.

Difusión del vapor.- El vapor se difunde rápidamente en el aire, lo cual se puede distinguir fácilmente por el olor. Debe de quedar el gas en un espacio confinado con el objeto de que se encuentre en una proporción suficiente en la atmósfera para matar los insectos, los cuales necesitan menos aire, aun en proporción a su tamaño que los animales de sangre caliente.

Operación.- Una vez que se ha derramado el bisulfuro en los recipientes o sobre los cereales, deberán retirarse del interior de la bodega lo más pronto que sea posible las personas que han verificado esta operación.

Se cierran con papel engrudado las rendijas de la puerta que se dejó para la salida, con el objeto de que no haya pérdida de ninguna clase.

Se deja la bodega cerrada durante el tiempo necesario para la destrucción de los insectos; transcurrido ese tiempo, se abren las puertas y ventanas para que se ventile perfectamente el local. Si queda en los granos algún mal olor se ponen al

sol y se traspalean, pero en general será suficiente ventilar la bodega para eliminar el olor a bisulfuro.

Hay que tener mucho cuidado de no acercarse al cuarto donde se efectúa la fumigación, linternas encendidas, cerillos, brazas de carbón e incluso no deben usarse abanicos eléctricos para ventilar los locales.

Efectos de la temperatura.- *Para fumigar escójase un día caluroso, nunca fumigue cuando la temperatura sea menos de 15° C. Como norma general, se obtienen los mejores resultados cuando la temperatura está entre 20 y 35° C. Se necesita una mayor cantidad de gas cuando los días son fríos. Es preferible por tal motivo efectuar las fumigaciones en los días calurosos, a una temperatura más elevada hay mayor actividad en los insectos y mientras más activos son, tienen mayor susceptibilidad al efecto del gas. En los días fríos permanecen inactivos los insectos, respiran poco y por consiguiente absorben poco gas obteniéndose resultados más deficientes.*

Por otra parte el uso del bisulfuro de carbono se cita en un informe a la asamblea de accionistas de ANDSA en Julio de 1939, con motivo de un siniestro originado por un rayo, tres días después de iniciarse la fumigación en una de las bodegas en Navojoa, Son., éste evento destruyó parte del inmueble y mercancías que se encontraban en su interior, En Septiembre de ese mismo año en Guadalajara, Jal., al estar fumigando la mercancía se produjo una explosión, ocasionada por el mofle de un automóvil que pasaba frente a la bodega, en los momentos de estar vaciando el fumigante. También citan en el informe: “antes de estos siniestros estábamos buscando un producto que pudiera utilizarse eficazmente como insecticida y al mismo tiempo no tuviera el carácter explosivo. Posteriormente a estos siniestros hemos estado experimentando diversos productos, y en la actualidad estamos sustituyendo el bisulfuro de carbono por el ácido cianhídrico en aquellas bodegas donde el cierre pueda ser relativamente hermético y el bromuro de metilo en las demás.”⁵²

Estos sucesos o siniestros ocurridos en ANDSA no los conocía, debido a que mi ingreso fué en el año de 1978. Desde mi punto de vista creo que el problema radicó en no utilizar el bisulfuro de carbono mezclado con el tetracloruro de carbono, ya que no se menciona en el citado informe. La mezcla de ambos fumigantes en relación a su volumen se preparaba en una proporción de 1: 4 (respectivamente) debido a que el bisulfuro de carbono es altamente inflamable y explosivo, dependiendo de la concentración en el aire, por contener en su molécula azufre (CS₂) y una de sus propiedades fisicoquímicas es que arde en el aire o en presencia de oxígeno con desprendimiento de calor.

2.3.1.7. Época contemporánea (1940-1980)

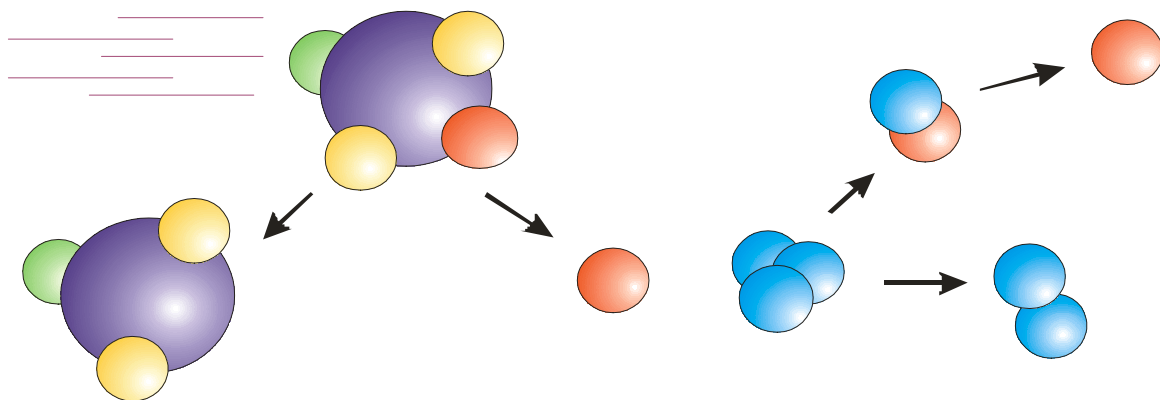
Los fumigantes con una historia interesante y que han permanecido en este periodo, inclusive en tiempos actuales, son el formaldehído (1899), Cloropicrina (1917), fosfina o fosfuro de hidrógeno (1925) y bromuro de metilo (1932).

El formaldehído, se utiliza como desinfectante y se recomienda como fumigante; la

cloropicrina (tricloronitrometano) se ha utilizado como nematicida y también para la desinfección de granos almacenados, pero después de la fumigación deberá ventilarse adecuadamente, de lo contrario el grano tratado se mancha. La cloropicrina se usa como agente delator del bromuro de metilo; la fosfina o fosfuro de hidrógeno proviene de la hidrólisis del fosfuro de aluminio o fosfuro de magnesio, que reacciona con la humedad del aire intergranular y el propio grano o producto y produce un residuo (hidróxido de aluminio o hidróxido de magnesio) que se puede eliminar fácilmente. La fosfina en si es muy explosiva, sin embargo el fosfuro de magnesio o aluminio se formula con estearato de amonio o carbamato de amonio que se descomponen durante la reacción en amonio y bióxido de carbono, que minimizan el riesgo de explosividad y flamabilidad. El bromuro de metilo en este periodo fue el más utilizado, para todos los propósitos prácticos de la fumigación, no es flamable y controla una infinidad de plagas de productos y materiales de origen vegetal, animal y suelos (insectos, ácaros y garrapatas, nematodos, caracoles y babosas, hongos y malezas).

2.3.1.8. Época actual ó reciente (1981-2004)

Debido a que el bromuro de metilo está dañando la capa de ozono, misma que protege de los rayos ultravioleta a todos los seres vivos del planeta, por consenso mundial, se ha determinado que dejará de utilizarse hasta el año 2005 en países desarrollados y hasta el año 2015 en países en vías de desarrollo, de acuerdo al Protocolo de Montreal, que se estableció a finales de los años 80 y fue firmado por 160 países, incluyendo los Estados miembros de la Unión Europea.^{12, 16, 17} Este tratado pretende controlar la producción y el comercio de sustancias reductoras de la capa de ozono en el ámbito mundial. México también participó en esta reunión, razón por la cual el presidente de la República, en turno, firmó el Protocolo de Montreal, relativo a las sustancias agotadoras de la capa de ozono, adoptado en la ciudad de Montreal, Canadá el 16 de Septiembre de 1987 y aprobado por la Cámara de Senadores del H. Congreso de la Unión el 29 de diciembre de ese mismo año (Decreto Presidencial de fecha 25 de enero de 1988). En forma breve el principio de acción del bromuro de metilo en la capa de ozono es el siguiente (Fig. 1): Al entrar en contacto con la radiación ultravioleta se desprende el radical bromuro que reacciona con el ozono estratosférico, dando como resultado una molécula de oxígeno y otra de monóxido de bromuro misma que libera el radical bromuro y nuevamente reacciona con el ozono.¹⁷ En 1974 los científicos Sh. Rowland y M. Molina de la Universidad de California, pusieron de manifiesto que los clorofluorcarbonados (CFC) usados en refrigeración y aire acondicionado, eran responsables de la rápida destrucción de la capa de ozono.¹²



En razón de lo anterior probablemente el fumigante autorizado más utilizado en los últimos años es la fosfina, generada a partir del fosfuro de aluminio y fosfuro de magnesio, también para tratamientos cuarentenarios de granos a bordo de barcos, barcasas, contenedores, furgones-tolva de ferrocarril, silos y bodegas. Sin embargo, posiblemente se aplica(ra) en los puertos de origen (principalmente exportación o cabotajes), después que finalizó la carga en la unidad de transporte. El tiempo de exposición mínimo de 72 hrs., transcurriría sin problema alguno durante la travesía del barco, siempre y cuando la temperatura y humedad del grano favorezcan la liberación de la fosfina (25-30°C y 13.5-14.0%) respectivamente.

2.3.2. Uso de insecticidas

Los insecticidas sintéticos líquidos y sólidos, en general, han tenido también una larga historia que se manifiesta desde mediados del siglo XIX.

Para el control de insectos de almacén se han utilizado insecticidas específicos para gorgojos y palomillas; botánicos, biológicos, orgánicos sintéticos como los organoclorados y organofosforados, carbamatos y piretroides.

2.3.2.1. Insecticidas botánicos.

Tierra de diatomeas.

La tierra de diatomeas (exoesqueleto de algas marinas unicelulares fósiles) esta constituida por silicatos cristalinos de estructura alveolar y oxido de silicio que son fuertemente higroscópicos, Debido a su capacidad de adherirse al cuerpo de los insectos y a la acción abrasiva sobre éstos cuando se desplazan por la masa del grano, tal fricción elimina la protección lipídica de la epicutícula provocando la muerte por deshidratación. Asimismo su acción deshidratante sobre huevos, larvas y pupas de coleópteros y lepidópteros evitando su reinfestación. La idea de usar tierra para eliminar insectos no es nueva, las aves y los mamíferos se bañan de tierra para protegerse de los insectos. Tampoco es moderna la idea de usar tierra de diatomeas para el control de insectos. Los chinos usaban tierra de diatomea hace 4000 años. El principio fue redescubierto en tiempos modernos por Francis S. Leise y Neil Clark en Arizona, USA.¹⁸ Se utiliza a escala comercial desde los años 60s.

Las dosis de aplicación varían de 1 a 2 Kg. por tonelada de grano. Los resultados se observan a partir de los 7 ó 14 días y el tiempo de protección es de 7 a 12 meses, según la marca ó calidad comercial.^{5,57}

En mi experiencia durante el tiempo laboral en ANDSA, no tuve la oportunidad de realizar cualquier aplicación a nivel laboratorio o a escala piloto, no obstante

hubiese sido interesante conocer el grado de desgaste de la maquinaria y el incremento de peso del grano al incorporar el producto, así también el proceso de recuperación de la tierra de diatomeas.

Piretrinas.

El uso de las flores del crisantemo (*Crisantemum cinerariaefolium*) como insecticida se remonta a los tiempos del rey de Persia Jerjes (400 a. C.), cuando se le conocía como “polvo de Persia” y se presume que se empleaba contra piojos en humanos. (Barthel, 1973). El piretro también fue usado como insecticida por muchos años en la región del Cáucaso, de donde fue exportado a Dalmacia (hoy Yugoslavia) en el siglo XIX, y después fue introducido a Japón y algunas regiones de África, Europa y América (McLaughlin, 1973).²³

El piretro se produce comercialmente en Kenya, el Cáucaso, Irán, Japón, Ecuador y Nueva Guinea. La producción del piretro como insecticida a escala comercial data de aproximadamente 1850.⁸

El piretro tiene alta toxicidad para artrópodos y baja toxicidad para animales de sangre caliente; por otro lado, repele a ciertos insectos y sus residuos son de vida corta. Estas dos últimas características evitaron la prolongada exposición al piretro, lo cual contribuyó a que no reportaran casos de resistencia a este producto a pesar de haberse empleado por muchos años.²³

Los componentes del piretro con actividad insecticida reconocida son seis esteres formados por la combinación de los ácidos crisantémico y piretrico y los alcoholes piretrolona, cinerolona y jasmololona.^{8, 23, 29}

Actualmente aún se usan el piretro en el control de plagas domésticas, industriales y de alimentos almacenados.⁸ El piretro es inestable en condiciones de luz solar y calor impidiendo que sea efectivo contra plagas en condiciones de campo.^{23, 29}

A pesar de su alto costo y susceptibilidad a la descomposición, el piretro continúa siendo un insecticida económico prominente a causa de su baja toxicidad oral para los mamíferos, acompañada de una rápida acción insecticida. Esta acción se refuerza por la combinación de sinergistas entre los cuales se encuentran el butóxido de piperonilo, el sulfoxido, el n-propil isómero y otros sinergistas que contienen la mitad de bioxifenil metileno.^{8, 23, 29}

La adición de sinergistas a las preparaciones del piretro permite reducir sustancialmente la cantidad de componentes activos sin perder su capacidad insecticida; así que cuando una parte de piretro se mezcla con dos partes de butóxido de piperonilo, la mezcla resultante es tan activa que equivale a siete partes del piretro por sí solo.^{8, 23}

Posiblemente este insecticida fue probado en ANDSA, sin embargo no encontré antecedente alguno, pienso que las piretrinas son ideales para los granos almacenados y transportados. Por tal motivo sería aconsejable un estudio de costo-beneficio, con el propósito de usarlos en tratamientos cuarentenarios.

2.3.2.2. Insecticidas microbiológicos.

Las plagas constituidas por insectos también pueden ser controladas por medio de infecciones bacterianas, fungosas y virales e incluso por otros insectos, y los entomólogos conocen ya desde hace mucho tiempo que poblaciones de insectos pueden afectarse seriamente por el brote de enfermedades infecciosas.²⁹

Con relación a las enfermedades bacterianas *Bacillus thuringiensis* se aisló por primera vez en 1915 a partir de larvas enfermas de la polilla de la harina. Estas bacterias forman cristales proteicos tóxicos en la esporulación.^{8, 29}

Estas bacterias se pueden producir en fermentadores de varios tamaños, hasta tinajas enormes que contienen 12,000 galones (45,600 L) de medio nutritivo. El organismo esporulado se obtiene mediante secado al vacío o mediante centrifugación hasta la obtención de esporas que al final se secan y estabilizan para el almacenamiento. El proceso industrial para la obtención de los cristales tóxicos incluye una mezcla balanceada de sal, una fuente proteínica, vitaminas y extracto de levadura como factor de crecimiento.²⁹

Estos cristales son muy tóxicos contra muchos lepidópteros, en etapa de larva. Su modo de acción, es la parálisis del intestino, seguida de cambios en la pared intestinal, afectando su permeabilidad y permitiendo el escape de contenido alcalino, dando como resultado la paralización y muerte de la larva.⁸

Un polvo humectante es la formulación que se da al *B. thuringiensis*. Tales mezclas espóra-cristal se usan contra larvas de la palomilla india de las harinas y la palomilla de las almendras y es inofensivo para los mamíferos, aves, peces y la mayoría de insectos que no sean lepidópteros.²⁹

Debido a los hábitos alimentarios y el comportamiento de las larvas de las palomillas, generalmente se encuentran en la superficie de los gránulos, de cereales, es por ello que se aplica el polvo humectable sobre la superficie del grano después que se llenó el silo o la bodega.

Existen en el mercado diferentes formulaciones y marcas comerciales. Por ejemplo la marca Dipel WP formulado con 25% polvo. Se encuentra autorizado por la CICOPLAFEST. La dosis de aplicación es de 10 g/m² en una capa de 10 cm. de grano. Para lograr lo anterior se puede mezclar una libra (454 g) de Dipel WP en 10 galones (37 L) de agua. Aplicar este volumen por cada 500 pies² (46 m²).⁵⁷

Una vez ingerido el producto, la larva deja de alimentarse dentro de pocas horas y se muere entre 2 y 5 días después. Los mayores efectos se logran sobre larvas recién eclosionadas de primer y segundo estadio.^{8, 29, 57}

Este insecticida desde mi punto de vista sería de gran utilidad en el control de palomillas, sobre todo en los climas calidos-húmedos de las costas y el sureste de México, ya que en mi experiencia, observé que es un verdadero problema el control de las palomillas en molinos y almacenes. Debido a que en mi experiencia laboral en ANDSA no observe registro alguno el cual indicara la aplicación de este producto y los fumigantes e insecticidas eran insuficientes para el control efectivo de las palomillas.

2.3.2.3. Insecticidas Químicos.

Insecticidas organoclorados.

El insecticida más conocido de este grupo lo constituye el diclorodifeniltricloroetano (DDT) Este compuesto fue preparado por primera vez por Zaidler (1874), pero sus poderosas propiedades insecticidas no fueron descubiertas sino hasta 1939 por Müller de la compañía Geigy. El DDT fue introducido como insecticida en 1942 y fabricado en gran escala durante la Segunda Guerra Mundial. El descubrimiento de las propiedades insecticidas del DDT estimuló la búsqueda de compuestos organoclorados análogos, tales como el lindano (Hexaclorociclohexano o HCH) y el Metoxicloro (Metacaptan) ^{8, 29}

En general son venenos de contacto e ingestión, son efectivos y afectan a las larvas y adultos, también a veces las pupas y huevecillos.

En el sentido más amplio, el envenenamiento en los insectos está asociado con disturbios en el sistema nervioso central, que producen hiperactividad, temblores y falta de coordinación.⁸

En ANDSA se utilizaba lindano formulado al 20%, para la aplicación únicamente en las superficies de las bodegas vacías (6 ml/m²) antes de ingresar el grano.

El valor de esta clase de compuestos ha disminuido debido a que los residuos son muy persistentes en los suelos y en los tejidos de las plantas y animales; acumulación en las cadenas alimentario; falta de selectividad en insectos benéficos, peces y vida silvestre y resistencia de los insectos. Actualmente estos compuestos están prohibidos y se han reemplazado por los insecticidas organofosforados y carbamatos.^{5, 30}

Insecticidas organofosforados.

Las investigaciones formales acerca de la síntesis de compuestos organofosforados tóxicos como gases nerviosos potenciales, comenzaron durante la Segunda Guerra Mundial y posteriormente hubo un gran desarrollo para el control de diversas plagas insectiles.^{8, 29}

Estos compuestos poseen diferentes características sobre los organoclorados, entre ellas, su baja persistencia en el ambiente, su no acumulación en el organismo y su bajo potencial de carcinogenicidad; sin embargo, su toxicidad aguda es mayor. Su estructura química puede ser muy variada y de ella dependerá su toxicidad. Algunos productos de este tipo son extremadamente tóxicos y se han empleado con fines bélicos como gases neurotóxicos.^{5, 30}

Se absorben bien por inhalación, por ingestión y por vía cutánea. Su mecanismo de acción es por inhibición de la actividad de acetilcolinesterasa en el sitio preciso donde rompe la molécula de acetilcolina, en la ausencia de acetilcolinesterasa efectiva, la acetilcolina liberada se acumula e impide la transmisión continua de impulsos nerviosos a través del espacio sináptico de las uniones nerviosas. Esto ocasiona la pérdida de coordinación muscular, convulsiones, y finalmente la muerte.^{5, 8, 30}

En ANDSA se utilizaron por muchos años insecticidas organofosforados como el Malathion, Pirimifos Metil (actellic) y Baythion. Dentro de este grupo también se encuentran Acefate (orthene 50 P.S.), Clorpirifos metil (Reldan 4 E), Diclorvos (Vapona), Fenitrothion (Folthion) y Foxim (Baythion 50 C.E.). Actualmente en ALSUR S.A. de C.V. aún se usa Actellic 50 C.E., no así el Malathion 50 C.E y Malathion 1000 E.

Insecticidas Carbamatos.

Al igual que los organofosforados, los carbamatos se absorben vía cutánea, digestiva y respiratoria. Así también su mecanismo de acción es análogo inhibiendo la acetilcolinesterasa pero, a diferencia de ellos, la unión con la enzima es reversible.^{8, 29}

Para la actividad insecticida, los carbamatos parece que requieren un grado de semejanza estructural con la acetilcolina, que es el sustrato natural de la enzima, por lo que el carbamato compite fuertemente con la acetilcolina por los sitios reactivos en la acetilcolinesterasa.^{8, 30}

Un ejemplo de este grupo es el Carbaryl o Sevin, Baygon o Propoxur y Carbofurán.

En ANDSA se utilizó el Baygón para el acondicionamiento de bodegas y cordones sanitarios a razón de 10 ml/ m² hasta 1994. En ALSUR ya no se utilizó.

Insecticidas Piretroides.

Debido a la inestabilidad de las piretrinas en el ambiente y al desarrollo de productos insecticidas como los organofosforados y los carbamatos en la década de 1940-50, el estudio de las piretrinas estuvo un tanto relegado; sin embargo, en 1945 se sintetizó la retrolona, el primero de los piretroides que aún no tiene suficiente estabilidad para usos agrícolas. Con la finalidad de aumentar la estabilidad de la molécula de la retrolona se sintetizó la aletrina, que es el primer piretroide sintético importante (Sanders y Taft, 1954) en forma subsecuente fue sintetizada la resmetrina, fenotrina, permetrina, cipermetrina. Investigaciones posteriores dieron como resultado la síntesis de la decametrina (deltametrina), que es similar a la cipermetrina, pero con átomos de bromo sustituyendo a los de cloro en la parte ácida de la molécula.^{1, 23}

El último avance en el desarrollo de éstos compuestos ha sido la síntesis de moléculas que han perdido la mayoría de las estructuras químicas características de los piretroides como ejemplo, de estos compuestos tenemos al fenvalerato, el cual a pesar de tener bloqueados teóricamente todos los lugares de ataque metabólico no resulta tan tóxico como otros piretroides. La decametrina es considerada el insecticida lipofilo más tóxico que se ha sintetizado.²³ En 1975 la compañía Roussel-Uclaf logró la síntesis a escala industrial y en México inicio la comercialización a principios de los años 80s.¹

En ANDSA se empezó a utilizar a gran escala a principios de 1990, derivado de

las pruebas a escala piloto de 1989 en Río Bravo, Tamps. Hasta la fecha en ALSUR se continúa usando en cordones sanitarios, acondicionamiento de bodegas y tratamiento al grano.

2.4. Plaguicidas autorizados por la CICOPLAFEST y límites máximos permisibles en los productos agrícolas de acuerdo al *Codex Alimentarius* y otras organizaciones de alcance internacional.

Actualmente los plaguicidas autorizados por la CICOPLAFEST para fumigar mercancías en almacenes y transportes tienen uso restringido y podrán ser adquiridos mediante una recomendación escrita de un técnico oficial ó privado que haya sido autorizado por el Gobierno Federal. Su manejo y aplicación se efectuarán de acuerdo a la NOM que establece los requisitos y especificaciones sanitarias para el manejo de plaguicidas restringidos.⁵

Los fumigantes autorizados por la CICOPLAFEST para el control de insectos de almacén son el bromuro de metilo, fosfina (proveniente de la hidrólisis de fosfuro de aluminio y fosfuro de magnesio) para productos de origen vegetal y animal. Asimismo, en el caso de los insecticidas de origen botánico está la tierra de diatomeas, las piretrinas. También esta autorizado el insecticida de origen biológico *B. thuriengiensis*. Por otra parte se autoriza la incorporación directa al grano de los insecticidas deltametrina, fenitrotion y pirimifos metil. Así también otros insecticidas que controlan insectos de almacén y solo se autoriza la aplicación en almacenes y transportes de clorpirifos metil, diclorvos, foxim, malathion, fenvalerato, metoxicloro y Lindano.

Los límites máximos permisibles de insecticidas para los productos de origen vegetal (Tabla 2) y animal son de acuerdo a las siguientes cantidades (Junta FAO/OMS, *Codex Alimentarius*, 1992).¹³

Tabla 2. Plaguicidas comúnmente aplicados a los productos agrícolas y sus límites máximos permisibles.

| Plaguicida | Cereales crudos | Nueces, Almendras especias o harinas de cereales | Frutos frescos y secos |
|------------------------|-----------------|--|------------------------|
| Bromuro de metilo | 50 mg/Kg | 200 mg/Kg | 20 mg/Kg a) |
| Deltametrina | 1 mg/kg | 0.1 mg/Kg b) | |
| Butoxido de piperonilo | 20 mg/Kg | | 8 mg/Kg |
| Fosfina | 0.10 mg/Kg | 0.01 mg/Kg | |
| Pirimifos metil | 10 mg/Kg | 5 mg/Kg c) | |

Nota:

a) En frutos frescos (excepto aguacates, frutos cítricos y fresas) y en frutos secos (excepto dátiles secos, higos, duraznos, ciruelas pasas, uvas pasas).

b) En harinas finas 0.1 mg/Kg y harinas enteras 1mg/Kg . En salvado 5 mg/Kg

c) En pan integral 1 mg/Kg . En pan blanco 0.5 mg/kg. En arroz pulido y harina fina 2 mg/Kg

3. Marco de Referencia

3.1. La producción de granos en México.

Nuestro país tiene una superficie de 1,967,183 Km² y una población de 97,483,412 de acuerdo al XII Censo de población y vivienda 2000 (INEGI).²¹ Por lo que la densidad de población indica que existen 49.55 habitantes por Km², como un promedio nacional. La ciudades con mas densidad de población son: Ciudad de México, Guadalajara, Monterrey, Puebla, León, Toluca, y Ciudad Juárez.

De la superficie total, se utilizan solo para la agricultura aprox. 360,000 Km² (18.5%), con variaciones de la superficie sembrada, y la población que se dedica a esta área de producción representa 21, 446,350 mexicanos (21.9%), también con sus altibajos, por la emigración hacia las grandes ciudades de nuestro país e incluso a los Estados Unidos de Norteamérica.

De acuerdo a las cifras expresadas por el Sistema de Información Agropecuaria de consulta SIACON de la SAGARPA en el año 2002 (Tabla 3) informa que, en el periodo 1995-2001, la producción total de granos en México ascendió a 30.354 millones de Ton, en promedio anual, de las cuales el maíz, frijol, trigo y arroz palay representan el 75.9% equivalentes a 23.041 miles de Ton. El sorgo y la cebada el 21.2% equivalentes a 6.423 miles de Ton y las oleaginosas soya, ajonjolí, semilla de algodón y cártamo el 2.9% equivalentes a 536, 000 Ton.²¹

Tabla 3. Producción de granos en México Series Históricas
(Miles de ton)

| Producción | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 |
|--------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Total | 28783.6 | 31243.1 | 29646.9 | 30991.4 | 29748.7 | 30550.2 | 31485.3 |
| Granos | 23459.0 | 23141.8 | 22747.5 | 23410.0 | 22839.5 | 21698.3 | 23970.2 |
| Maíz | 18352.9 | 18023.6 | 17656.3 | 18476.4 | 18314.3 | 17735.0 | 20085.1 |
| Frijol | 1270.9 | 1349.1 | 965.1 | 1244.4 | 1080.6 | 886.7 | 1076.4 |
| Trigo | 3468.2 | 3375.0 | 3656.6 | 3232.0 | 3049.8 | 3397.8 | 3283.5 |
| Arroz Palay | 367.0 | 394.1 | 469.5 | 458.2 | 394.7 | 404.5 | 247.8 |
| Oleaginosas | 668.1 | 706.0 | 717.1 | 722.3 | 411.8 | 228.1 | 276.9 |
| Soya | 189.8 | 56.1 | 184.5 | 150.3 | 132.8 | 102.4 | 121.8 |
| Ajonjolí | 21.1 | 47.4 | 21.5 | 31.4 | 31.5 | 40.9 | 43.8 |
| S. de algodón | 343.9 | 420.9 | 347.7 | 369.4 | SD | SD | SD |
| Cartamo | 113.3 | 181.6 | 163.4 | 171.2 | 247.5 | 84.8 | 111.3 |
| O. Granos | 4656.5 | 7395.3 | 6182.3 | 6858.0 | 6497.4 | 6570.9 | 7239.1 |
| Sorgo | 4169.9 | 6809.5 | 5711.6 | 6455.0 | 6043.3 | 5845.1 | 6516.5 |
| Cebada | 486.6 | 585.8 | 470.7 | 403.1 | 454.1 | 725.8 | 722.6 |

Fuente: Sistema de Información Agropecuaria de Consulta (SIACON), SAGARPA 2002

Esta información nos permite observar que el promedio del maíz incrementó en el año 2001 su producción en 1.9 millones de Ton, respecto al periodo 1995-2000. El frijol disminuyó su producción en el orden de 50 mil Ton y el trigo 100 mil Ton. En el caso del arroz palay bajo 200 mil Ton. En cuanto a la soya podemos observar que en 1996 tuvo una baja considerable entre 60 y 90 mil Ton, al igual el cartamo en el 2000, no obstante se nota que en general tiende a disminuir la producción en 60 mil Ton. El ajonjolí incrementó a 10 mil Ton y la semilla de algodón mantiene su producción año 1998, según estos datos. El sorgo aumentó en 870 mil Ton y finalmente la cebada también tiene un incremento considerable en el 2000 y 2001 entre los 200 mil y 250 mil Ton.

En resumen las variaciones en la producción determina la necesidad de importar mayores o menores volúmenes, aunque lo ideal sería alcanzar la autosuficiencia en los alimentos para evitar en lo máximo posible las importaciones. En este sentido, los estados que han presentado mayor producción de maíz desde 1990 fueron: Chiapas, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Oaxaca, Puebla, Sinaloa y Tamaulipas. Los distritos en los que se ha obtenido mejor rendimiento en Jalisco son: La Barca, Zapopan, Ameca y Ciudad Guzmán que regularmente se cosechan rendimientos superiores a 3.5 Ton/Ha, alcanzando en algunas zonas hasta 6 Ton/Ha. En el periodo 1996-2001 Sinaloa en el último ciclo alcanzó 1.7 millones de Ton, esto es un crecimiento del 15%, siendo los principales distritos los Mochis y Guasave presentando hasta con 8 Ton/Ha.

A continuación se expresan datos de la producción de granos con los rendimientos por hectárea en el ámbito nacional, durante el año agrícola 2001, considerando los cultivos de riego y temporal. Estos datos fueron obtenidos del Servicio de Información Estadística y Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) con información de las delegaciones de SAGARPA, en los estados SIACAP.

Los principales estados productores de arroz palay son Campeche, Nayarit, Sinaloa y Veracruz. El rendimiento en el ámbito nacional fue de 4.36 Ton/Ha.

En la producción de frijol destacan las siguientes entidades: Chiapas, Chihuahua, Durango, Guanajuato, Nayarit, San Luis Potosí, Sinaloa, Veracruz y Zacatecas. El rendimiento a escala nacional fue 0.635 Ton/Ha.

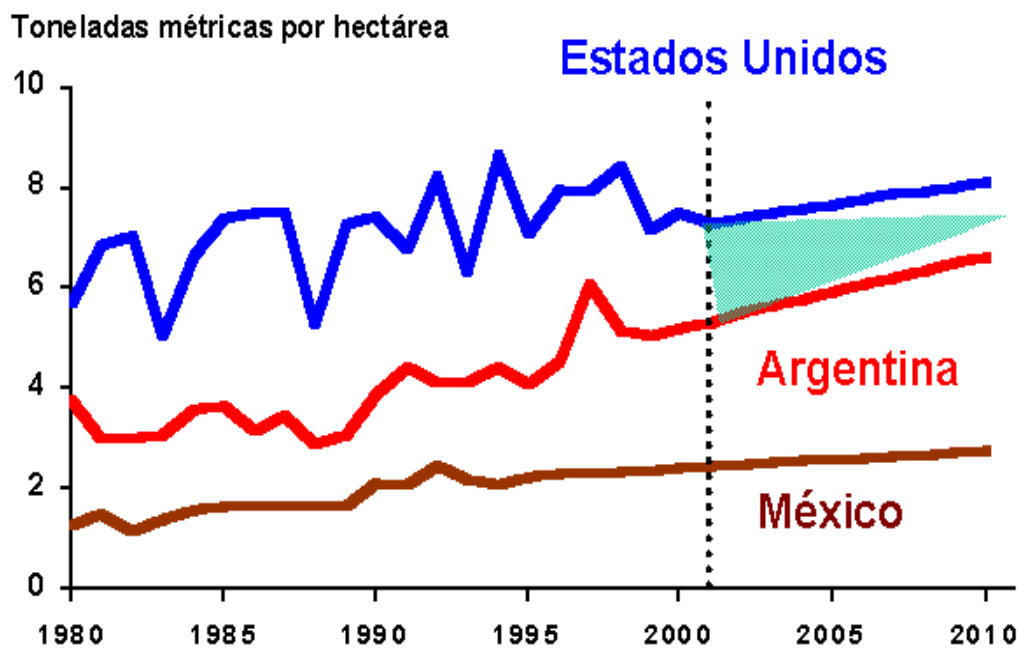
La producción de sorgo se concentra en los estados de Coahuila, Chihuahua, Guanajuato, Michoacán, Sinaloa y Tamaulipas. El rendimiento en el ámbito nacional fue de 3.330 Ton/Ha

Los estados que son más sobresalientes para producir trigo son Baja California, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Sinaloa, Sonora, Tamaulipas y Tlaxcala. El rendimiento en el ámbito nacional fue de 4.810 Ton/Ha.

3.2. La producción de granos a escala mundial.

Desde mi punto de vista la producción mundial de granos es un tema muy extenso que requiere de un análisis exhaustivo para determinar los factores que influyen directamente en la productividad de cada país. No obstante se puede observar de una forma condensada que la producción de granos está determinada por las condiciones climáticas y edafológicas, el avance tecnológico, la capacidad de organización de cada país y las prioridades en cuanto a su consumo o exportación.

El concepto que resume lo antes citado es el rendimiento expresado en toneladas métricas por hectárea cosechada y en este caso por comparar a México con Argentina y Estados Unidos, con relación al maíz en el año 2001 corresponde a 2.34 Ton/Ha, según datos del USDA, mientras que para Argentina corresponde a 5.0 Ton/Ha. y para los Estados Unidos de América 7.6 Ton/Ha, según datos del USDA, también indica que Argentina ha reducido la brecha que había en relación con el rendimiento por hectárea con respecto a los Estados Unidos, señalado en la grafica 1 por el triangulo (sombreado) que supone para el año 2010 igualaran el rendimiento a 7.6 Ton./Ha.

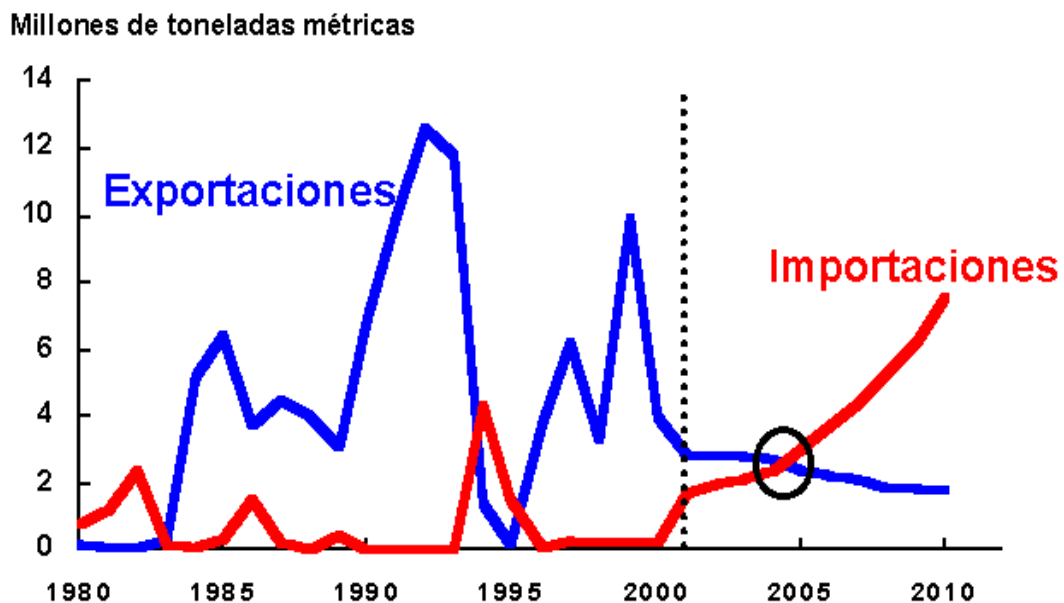


Gráfica 1. El rendimiento de maíz de México por debajo de los Estados Unidos de Norteamérica y Argentina.²⁰

Según estadísticas de la FAO reportadas en el año 2002, la producción mundial de granos; Cereales, leguminosas y oleaginosas expresada como un promedio anual, 1995-2001, ascendió a 2,133 millones de toneladas, de las cuales el 27.6% son de maíz, el 27.4% son de trigo, el 27.3% son de arroz (estos tres granos constituyen el 82.3%). El 7.0% son de frijol soya, el 6.7% son de cebada, el 2.8% son de sorgo (estos tres representan el 16.6%). El 0.8% es de frijol, el 0.3% son de cártamo y el 0.1% son de ajonjolí (estos tres representan el 1.2%).¹⁹

Tomando como base las mismas estadísticas para cada grano y los primeros 20 lugares en el mundo se observa que existen variaciones interesantes, en función del hábito alimentario de cada país, pero también con relación al comercio internacional en las exportaciones o importaciones. Es decir, por ejemplo en nuestro país aunque se observa que somos el 4° productor de maíz en el mundo (Tabla 4 A), requerimos importar, anualmente, en los últimos siete años de 4.0 a 6 millones de toneladas de éste cereal. En cambio Argentina es el 6° productor de maíz en el mundo y se ha convertido en un país exportador. Asimismo nos muestra que los países; USA, China, Brasil, México y Francia producen el 71.3% de la producción mundial de maíz., mientras que 40 países producen el 84.4%.

Otro ejemplo lo constituye China, país que en el periodo 1995-2001 ocupó los primeros 5 lugares en la producción de granos (Tabla 4 A y B): Maíz (2°), Frijol (3°), Trigo (1°), Arroz (1°), Soya (4°), Ajonjolí (1°) y Sorgo (5°) siendo actualmente exportador de cereales. Sin embargo, de acuerdo a la gráfica 2 en el año 2005, prevé el USDA que se convertirá en un importador de granos, posiblemente debido a la explotación de otros medios de producción.²⁰



Grafica 2. China se convertirá en importador neto de cereales en el 2005.²⁰

Tomando como base la tabla 4 A y B nos permite asociar a los Estados Unidos, China, Brasil, Canadá y Argentina como los principales exportadores de granos en el mundo. Esto se observa también con Alemania, Francia, España. También podemos apreciar que los países que ocupan los primeros 5 lugares en el mundo producen el 65.9% de los principales granos que se consumen en el mundo, o se utilizan para la extracción de aceite e incluso son la base del forraje.

Tabla 4 (A y B) Producción mundial de granos en el periodo 1995-2001 (Promedio anual) y países que ocupan los primeros 5 lugares de los 20 más importantes.¹⁹

| A | Promedio anual Ton. | PRODUCCION MUNDIAL DE GRANOS 1995-2001 | | | | |
|----------|------------------------|---|--------|-----------|------------|---------|
| | | Países que ocupan los primeros 5 lugares de 20 países | | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Maíz | 587,755,319.7 | USA | CHINA | BRASIL | MEXICO | FRANCIA |
| Fríjol | 16,964,901.4 | INDIA | BRASIL | CHINA | USA | MEXICO |
| Trigo | 584,185,176.4 | CHINA | INDIA | USA | RUSIA | FRANCIA |
| Arroz | 582,162,821.0 | CHINA | INDIA | INDONESIA | BANGLADESH | VIETNAM |
| Soya | 151,018,048.7 | USA | BRASIL | ARGENTINA | CHINA | INDIA |
| Ajonjolí | 2,715,343.1 | CHINA | INDIA | SUDAN | MIANMAR | UGANDA |
| Sorgo | 60,468,834.7 | USA | INDIA | NIGERIA | MEXICO | CHINA |
| Cebada | 141,868,121.1 | RUSIA | CANADA | ALEMANIA | FRANCIA | ESPAÑA |
| | 2,127,138,566.1 | | | | | |

| B | Promedio anual Ton.Metricas | PRODUCCION MUNDIAL DE GRANOS 1995-2001 | | | | | % 1-5 | Ton.Metricas 1-5 |
|----------|--------------------------------|---|------|------|------|-----|----------|---------------------|
| | | % que representan los primeros 5 lugares de 20 países | | | | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | |
| Maíz | 587,755,319.7 | 39.8 | 20.1 | 5.7 | 3.1 | 2.6 | 71.3 | 419,069,542.9 |
| Fríjol | 16,964,901.4 | 17.3 | 15.8 | 9.1 | 7.5 | 6.6 | 56.3 | 9,551,239.5 |
| Trigo | 584,185,176.4 | 18.4 | 11.7 | 10.6 | 6.1 | 6.0 | 52.8 | 308,449,773.1 |
| Arroz | 582,162,821.0 | 33.4 | 21.7 | 8.6 | 5.5 | 5.0 | 74.2 | 431,964,813.2 |
| Soya | 151,018,048.7 | 47.1 | 19.7 | 11.5 | 9.6 | 3.9 | 91.8 | 138,634,568.7 |
| Ajonjolí | 2,715,343.1 | 24.9 | 21.4 | 11.5 | 11.5 | 3.1 | 72.4 | 1,965,908.4 |
| Sorgo | 60,468,834.7 | 23.9 | 14.5 | 12.2 | 9.8 | 6.4 | 66.8 | 40,393,181.6 |
| Cebada | 141,868,121.1 | 10.7 | 9.3 | 9.0 | 6.7 | 6.1 | 41.8 | 59,300,874.6 |
| | 2,127,138,566.1 | | | | | | 65.9 | 1,409,329,902.1 |

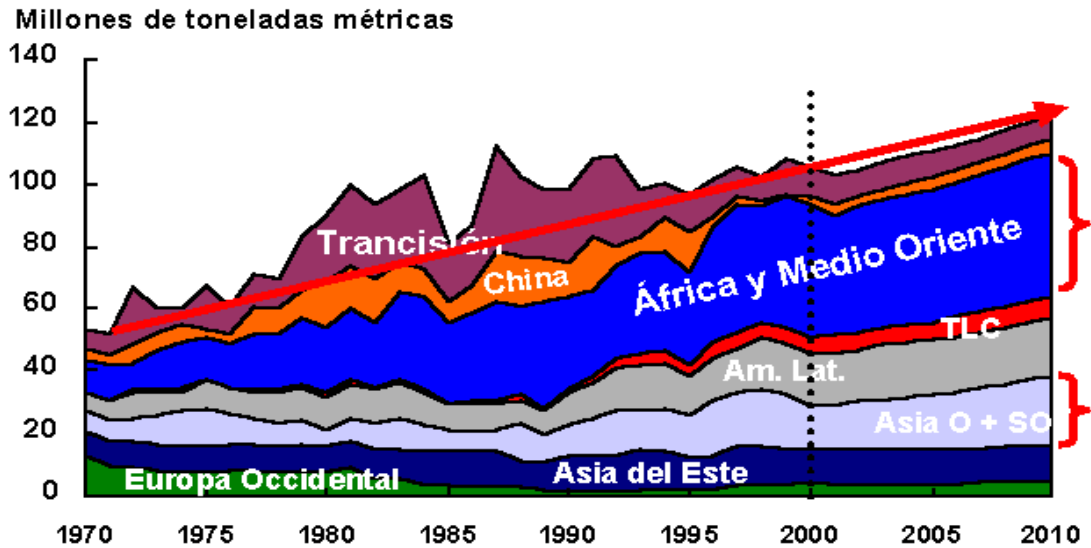
3.3. La comercialización internacional de granos en gráficas.

En la cumbre mundial sobre la alimentación efectuada del 13 al 17 de noviembre 1996 en Roma, Italia fue mencionada por la FAO en la declaración de Roma sobre la seguridad alimentaria mundial.

“Consideramos intolerable que más de 800 millones de personas de todo el mundo, y en particular de los países en desarrollo, no dispongan de alimentos suficientes para satisfacer sus necesidades nutricionales básicas. Esta situación es inaceptable. Los suministros de alimentos han aumentado considerablemente, pero los factores que obstaculizan el acceso a ellos y la continua insuficiencia de los ingresos familiares y nacionales para comprarlos, así como la inestabilidad de la oferta y la demanda, las catástrofes naturales y de origen humano, impiden satisfacer las necesidades alimentarias básicas. Los problemas del hambre y la inseguridad alimentaria tienen dimensiones mundiales, y es probable que persistan e incluso se agraven dramáticamente en algunas regiones si no se adopta con urgencia una acción decidida y concertada, dado el incremento de la población mundial previsto y la tensión a que están sometidos los recursos naturales.”

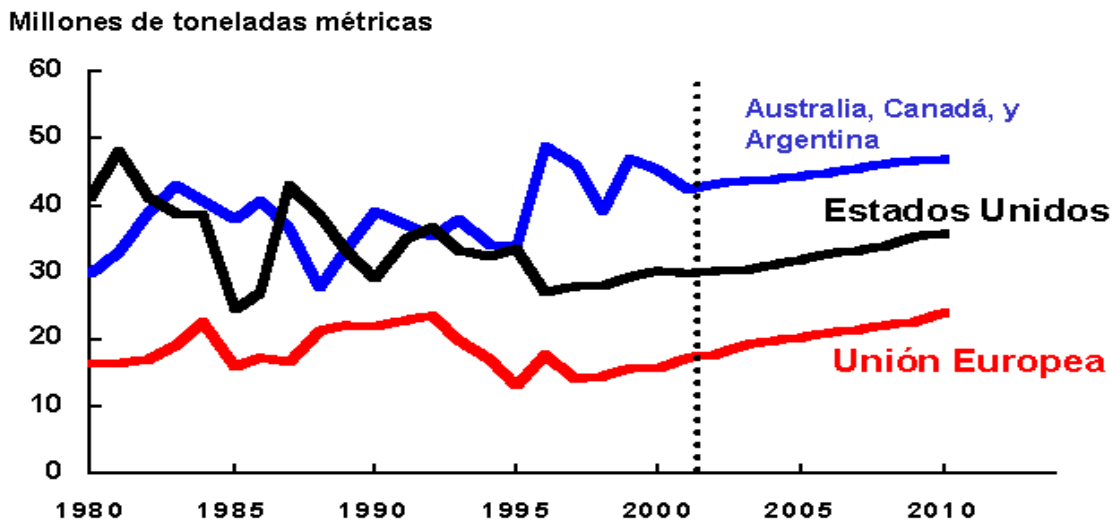
El comercio internacional de granos es efectuado de acuerdo a la producción y las políticas económicas de cada país en el mundo, en donde generalmente los países en vías de desarrollo son principalmente los importadores y los países desarrollados son los exportadores. No obstante también los desarrollados se ven en la necesidad de importar y los que están en vías de desarrollo de exportar sus excedentes. Como se comentó en el punto anterior la producción y el comercio mundial de granos tiene mucho que ver con los hábitos alimentarios de cada país, por ejemplo en México la producción de maíz ocupa el cuarto lugar en el ámbito mundial, pero el consumo nacional obliga a la importación.

La siguiente gráfica 3 nos indica que las regiones que más importan trigo son África y Medio Oriente, América Latina (incluyendo México, Colombia, Chile y Perú entre otros), Asia del Oeste y Suroeste.²⁰



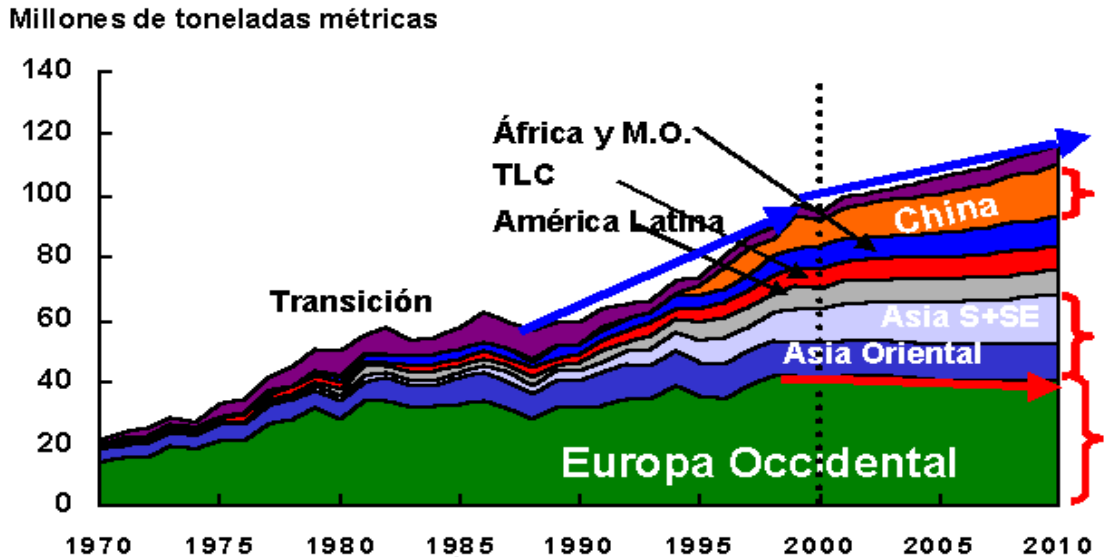
Gráfica 3. Las importaciones mundiales de trigo crecen de manera sostenida.²⁰

En el comercio internacional del trigo Australia, Argentina y Canadá, que en conjunto producen 62 millones de toneladas y exportaron 45 millones de toneladas aproximadamente (72.3%); compiten con Estados Unidos, que en promedio también produce 62 millones de toneladas y exporta 30 millones de toneladas aproximadamente, según el USDA²⁰ lo reporta en la siguiente gráfica 4.



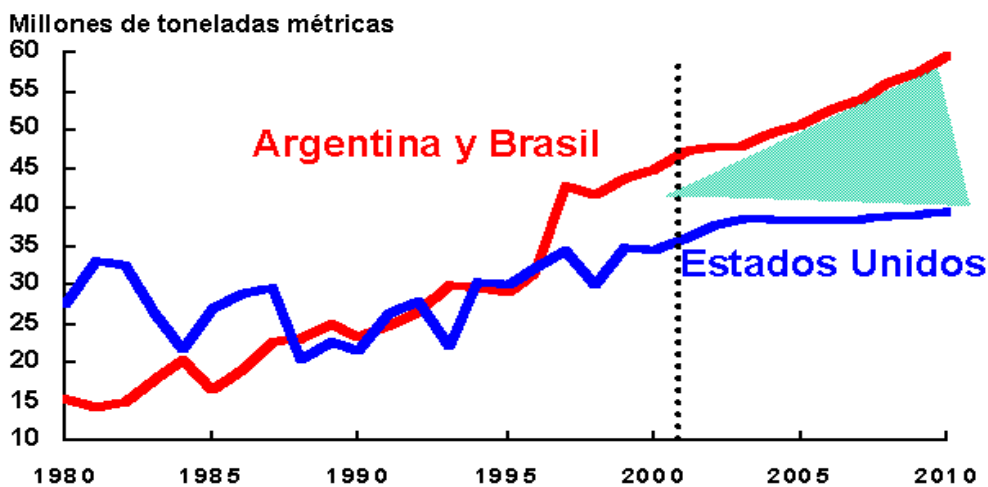
Gráfica 4. El comercio de exportación de trigo cada vez más competitivo.²⁰

Basándose en la información del USDA,²⁰ grafica 5, las regiones que mas importan frijol soya son África, Medio Oriente, China y América latina (excepto Argentina y Brasil), en cambio en Europa occidental las importaciones se mantienen o aumentan lentamente.



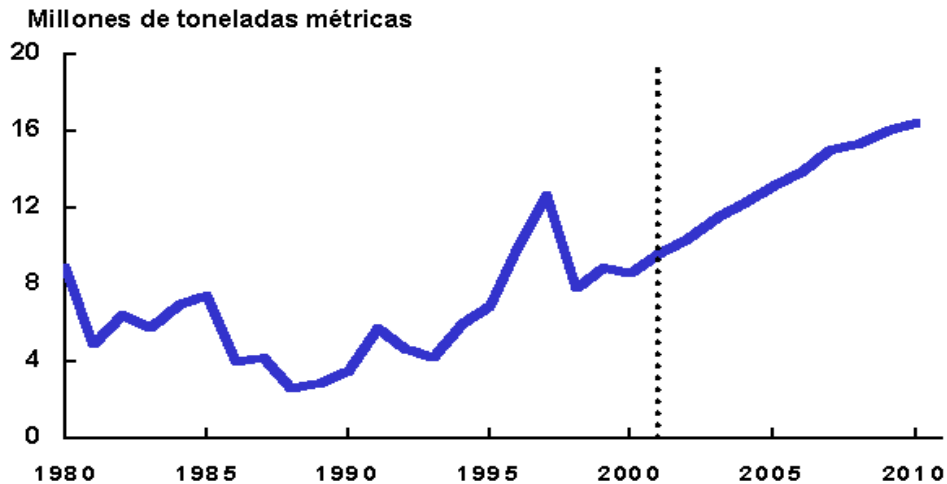
Grafica 5. La importación de frijol soya y harina de soya aumentan²⁰ lentamente debido a las reformas en las políticas de la unión Europea (UE).

En la grafica 6 según el USDA²⁰, la suma de la producción de frijol soya de Argentina y Brasil supero a Estados Unidos desde 1996 y pronostican que continuara al menos hasta el año 2010, indicado por el triangulo sombreado producirán 60 millones de toneladas y 40 millones de toneladas respectivamente.



Grafica 6. La exportación de frijol soya y harina de soya de Brasil y Argentina crece con relación a E.U.A. hasta el 2010.²⁰

Por otra parte Argentina ha incrementado sus exportaciones de maíz desde 1987 a la fecha y se proyecta, según el USDA,²⁰ que continúe hasta el año 2010 (Gráfica 7).



Gráfica 7. La exportación argentina de maíz aumenta sobre mejores rendimientos.²⁰

3.4. La autosuficiencia alimentaria en México

Las actividades agropecuarias, requieren por su incidencia en la seguridad alimentaria de los países el bienestar de amplias capas de la población, la aplicación de estrategias de desarrollo que garanticen el acceso a los habitantes, el mejoramiento de las condiciones de vida de los pobladores del medio rural la existencia de productos agropecuarios de calidad y en condiciones de sanidad para el consumo humano y la creación de riqueza que contribuya al desarrollo integral de las naciones.²⁴

Durante 25 años, de 1940 a 1965, la producción agropecuaria de México creció a una tasa del 7% anual, pero en los últimos 30 años el crecimiento fue de apenas un 1.8% frente a un crecimiento demográfico del 2.7%. Más aún, en los últimos 10 años sufrió una situación de franco estancamiento que llevó a decrementos del 0.8% en la disponibilidad per cápita de los alimentos.²⁴

Esta diferencia en el crecimiento determinó el incremento constante de la compra de alimentos al exterior, con el consiguiente déficit en la balanza comercial agropecuaria.

Según la Universidad Autónoma de Chapingo, en nuestro país se han importado, tan solo de 1995 a Mayo 2001, aproximadamente 50 millones de maíz y trigo, por lo que continúa siendo el mayor importador de granos básicos en América Latina (Yahoo! Notimex sábado 3 de agosto 2001) Este dato se aproxima a las cifras expresadas por el Sistema de Información Agropecuaria de Consulta (SIACON) en

el mismo período, además por otra parte, según proyecciones del punto de referencia agrícola del USDA,²⁰ seguiremos incrementando las importaciones de granos.

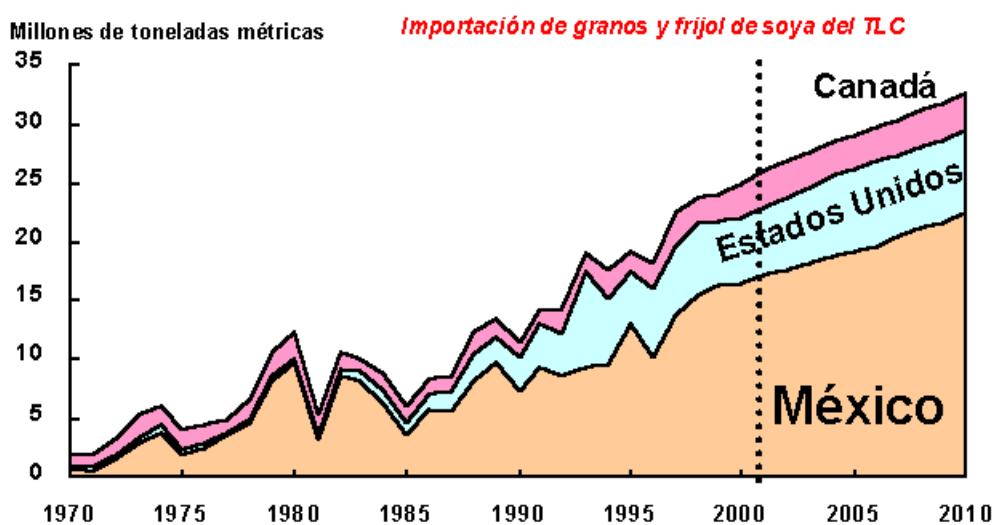
El consumo aparente de los principales productos agropecuarios de consumo humano, en el periodo 1995-2001, según el SIACON (Tabla 5), indica que el volumen total anual de importación tan solo para éstos cinco tipos de granos ascendió a 9,278,413 Ton lo que representó el 30.6%, con relación a 30,349,886 Ton que es la producción anual promedio del citado periodo.

Tabla 5. Producción y consumo aparente de granos en México Series Históricas 1995-2001

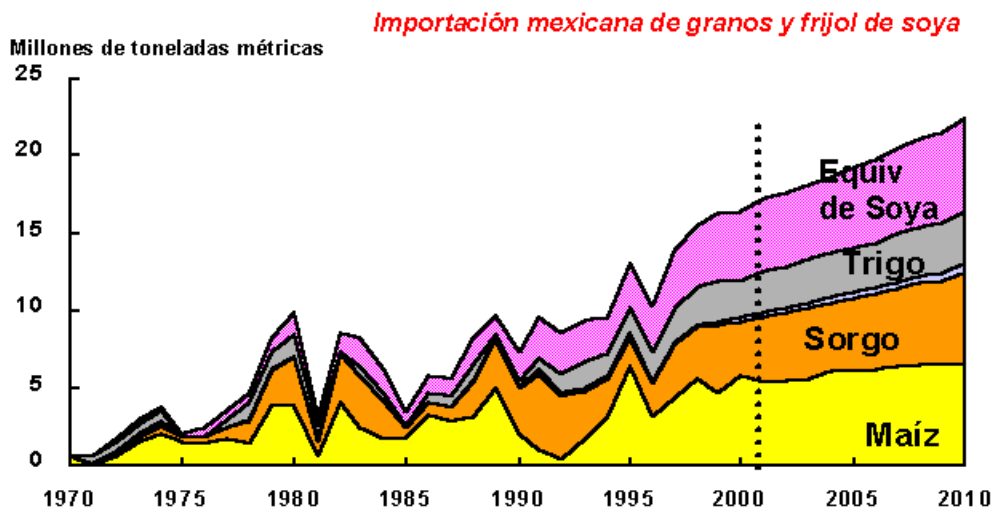
| Tipo de grano. | Producción (Ton) | Consumo Aparente (Ton) | Importación (Ton) |
|----------------|------------------|------------------------|-------------------|
| Maíz | 18,377,657 | 22,441,000 | 4,063,343 |
| Trigo | 3,351,843 | 4,889,000 | 1,537,157 |
| Soya | 133,957 | 3,392,000 | 3,258,043 |
| Frijol | 1,124,743 | 1,279,000 | 154,257 |
| Arroz blanco* | 324,387 | 590,000 | 265,613 |
| Total | 23,312,587 | 32,591,000 | 9,278,413 |

Fuente: Sistema de Información Agropecuaria de Consulta (SIACON), SAGARPA 2002.

Adicionalmente, tomando como base la información del año 2001 (gráficas 8 y 9) el USDA²⁰ reporta que nuestro país seguirá importando granos, en el marco del Tratado de Libre Comercio (TLC), incluyendo el sorgo, que es un grano de uso forrajero y frijol soya que es utilizado principalmente para la industria de extracción de aceite y su derivado que es la pasta de soya, en la industria forrajera.



Grafica 8. México principal importador de granos y frijol soya dentro del TLC.²⁰



Grafica 9. La importación de granos y frijol soya de México crece rápidamente.²⁰

3.5. Normas de calidad de granos.

En la mayoría de los países, las normas de calidad de granos tienen establecidos límites mínimos y máximos con relación a los parámetros de calidad física, química o bromatológica, toxicológica, microbiológica e inclusive radiológica.

Dentro de la calidad física se incluye la calidad sanitaria, la cual indica la presencia de insectos de almacén, además, de los parámetros tales como humedad, quebrados y materias extrañas, temperatura, granos dañados, peso específico, semillas de maleza entre otros.

Cada tipo de grano presenta características propias que definen los parámetros de calidad a medir o cuantificar, pero los insectos de almacén, dada su adaptación a diferentes tipos de productos agrícolas, en general se encuentran en casi todos los granos, con excepción de los del frijol, que es infestado por brúquidos de las especies *Acanthocelides obtectus* (gorgojo pardo del frijol), *Zabrotes subfasciatus* (gorgojo mexicano del frijol), *Callosobruchus chinensis* (gorgojo chino de los granos), *Callosobruchus maculatus* (gorgojo manchado de los granos).

Las normas de calidad implican el uso de equipos y procedimientos específicos y estandarizados para que, durante la comercialización, compradores y vendedores efectúen comparaciones de los resultados obtenidos y puedan negociar el precio con base a la calidad verificada.

3.5.1. Normas mexicanas

Las normas mexicanas NMX, a excepción de la norma para frijol NMX-FF-038-1995-SCFI y para trigo NMX FF-036-1996, no indican la sanidad o infestación como un factor de la calidad, sólo denotan el parámetro de granos dañados y dentro de estos, los producidos por insectos de almacén ó campo.

Aún cuando las normas mexicanas NMX no son explícitas; con relación a la presencia de gorgojos y palomillas, el concepto agorgojado, plagado o infestado, si se considera dentro de los procedimientos de análisis de calidad física de granos en la mayoría de las empresas, en sus laboratorios de granos, se determina la presencia de insectos de almacén, al momento de separar las impurezas del grano, mediante el uso de cribas específicas para cada grano. En caso de detectar insectos vivos se le denomina plagado ó infestado.

En mi experiencia laboral he observado, que las empresas que actualmente manejan, almacenan y comercializan granos están basados en las normas y procedimientos ANDSA-CONASUPO, que sí puntualizaban sobre la presencia de gorgojos y palomillas, en todos los programas de compras nacionales por cada ciclo de cosecha de todos los granos (cereales, leguminosas y oleaginosas), e incluían además, una tarifa o cuota para la fumigación y maniobras inherentes. Por ejemplo, las normas de calidad para el cartamo indicaban lo siguiente⁷: *“cuando las impurezas quedan depositadas en la charola de fondo, antes de pesar dichas impurezas, se procede a revisarlas minuciosamente, con el objeto de ver si se encuentran en ellas insectos, sean vivos ó muertos; primarios o secundarios, en cualquier número.”*

Otro ejemplo lo encontramos en el frijol cuando se refieren a los daños producidos por insectos⁷: *“Estos granos generalmente presentan perforaciones en su naturaleza causadas por insectos, otras veces están únicamente ovopositados, en estos casos se debe cortar el grano para revisar su interior. Al observar la charola de fondo se debe poner especial cuidado, pues los insectos que atacan el frijol suelen quedarse muy quietos para dar la impresión de estar muertos y para pasar desapercibidos, pues su color los hace confundirse con las impurezas. Por lo cual se recomienda y es necesario, para una mayor seguridad, colocar la charola al sol durante el tiempo necesaria para calentarla, o bien calentarla artificialmente. Los insectos al sentir el calor se ponen en movimiento, si es que están vivos.”*

Y continua otro párrafo.⁷

“Respecto a las perforaciones causadas por los insectos se reconocen enseguida por su forma de agujeros. Referente a los insectos es la formación de huevecillos, son de color blanco y están adheridos a la cutícula del grano, por una secreción quitinosa.”

La norma de maíz⁴⁴ NMX-FF-034-1995-SCFI revela en su punto 3.5 Granos dañados por insectos:

“Granos de maíz y sus partes que presenten perforaciones o galerías originadas por insectos de campo y/o almacén.” No dice ó establece los criterios para determinar la presencia ó ausencia de gorgojos ó palomillas.

La norma de arroz pulido⁴³ NMX-F-120-1966 indica en su punto 2.2.3 respecto al olor:

“Debe ser el característico del grano, libre de olores a fermentación o putrefacción o cualquier otro olor extraño. No debe contener restos de plaguicidas y pesticidas.”

Por lo que no apuntan los criterios para determinar la presencia ó ausencia de gorgojos ó palomillas, ni la definición de granos dañados por insectos.

En la norma del frijol⁴¹ NMX-FF-038-1995-SCFI en su punto 3.11 (Granos dañados por insectos) denota *“Granos de frijol y sus partes que presentan perforaciones o galerías originadas por insectos de campo y/o de almacén.”* y en su punto 3.15 (Granos infestados) *“Presencia de insectos vivos, propios de ésta leguminosa en cualquiera de sus fases de desarrollo.”* En este observamos que si lo advierte, pero no establece los criterios para determinar la presencia ó ausencia de gorgojos.

La norma del sorgo⁴⁰ NMX-FF-037-1994 anuncia en su punto 3.6.4 (Granos dañados por insectos) *“son los granos o partes de éstos que presentan perforaciones y galerías, y que en su interior pueden estar o no formas vivas o muertas, por insectos en almacén y o campo”*. No señala los criterios para determinar la presencia ó ausencia de gorgojos ó palomillas.

La norma de trigo³⁹ NMX-FF-036-1996 determina en su punto 3.20 (Granos dañados por insectos) *“son los granos y fracciones de granos de trigo que presentan perforaciones originadas por éstos organismos”*. Así también señala en el punto 7.3.3 (Impurezas) sobre el procedimiento, el uso de una criba de perforaciones triangulares y una charola de fondo para cribar la muestra de trigo *“Agitar con movimientos oscilatorios y circulares durante un minuto aprox., para facilitar la separación de las impurezas o malezas, semillas de mala hierba, piedras, terrones, insectos y excretas de roedores”*. Si lo apunta, pero no establece los criterios para determinar la presencia ó ausencia de gorgojos ó palomillas.

En la introducción de este trabajo, mencione que desarrollé actividades como laboratorista de granos, por lo que basándome en esta experiencia considero propicio acotar lo siguiente: En resumen la certificación de calidad de los granos, incluye la calidad sanitaria con relación a los insectos de almacén gorgojos y palomillas, sin embargo, entre las normas NMX solo la de frijol NMX-FF-038-1995-SCF indica el concepto grano infestado y la de trigo NMX-FF-036-1996 solo menciona la separación de insectos por medio de una criba. Desde mi punto de

vista las normas de granos, productos y subproductos, requieren de una actualización para enfocar la atención al aspecto de la sanidad en relación con los insectos que los dañan, merman y contaminan y establecer los términos más apropiados para definir cuando se encuentran agorgojados y cuando están libres de insectos retomando las normas de calidad que utilizaba CONASUPO-ANDSA en los programas nacionales de compras, pero incluyendo también el proceso de comercialización hasta el consumo final.

Con el propósito de destacar la importancia o relevancia en el contexto de la comercialización nacional de granos, fueron consultadas las normas norteamericanas con relación a la presencia de insectos denominados de almacén, aunque sabemos que estos se encuentran en los transportes, alacenas caseras, supermercados y campos de cultivo al momento de la cosecha.

3.5.2 Normas Norteamericanas (USA)

Las normas oficiales de granos de los Estados Unidos son aplicadas por el personal del Servicio de Inspección Federal de Granos (FGIS) del Departamento de Agricultura de aquel país (USDA), quienes están autorizados para inspeccionar granos para determinar el grado correcto de calidad de un lote de granos presentado para inspección. Dentro de las abreviaciones del manual de inspección de granos (FGIS) relacionadas con la infestación por insectos de almacén, se encuentran: **Moth**, Angoumois moths (palomilla dorada), **oli**, other live insects injurious to stored grains (otros insectos dañinos a los granos almacenados), **lw**, weevils live (gorgojos vivos) y **wvly**, weevily (agorgojado).⁵⁵

En mi apreciación estas abreviaciones nos permiten entender que los gorgojos y palomillas, que dañan a los granos enteros son clasificados como primarios. Así también se refieren a otros insectos dañinos de granos almacenados clasificados como secundarios y terciarios que se alimentan de sus productos y subproductos.

El concepto de agorgojado se refiere a presencia de cualquier gorgojo vivo u otro insecto dañino a los granos almacenados, indica la probabilidad de infestación y advierte al inspector, que el grano debe ser cuidadosamente examinado para determinar si este está infestado. La presencia de un simple gorgojo vivo no es considerada como una evidencia concluyente que el grano está infestado. En tal caso el balance de la muestra representativa es examinada en una o más porciones extra de la banda transportadora, tomadas y examinadas para alcanzar la conclusión de que esta infestado o no.

Los gorgojos vivos deberán incluir gorgojos del arroz, gorgojos de los graneros y barrenillos de granos. Otros insectos dañinos de granos almacenados deberán incluir escarabajos de granos, palomillas de granos y brúquidos de arveja.⁵⁵

Para el caso del trigo y demás granos en caso de contener insectos vivos (**lw**) ó bien otros insectos vivos (**oli**), existe la definición de agorgojado, el cual es una

designación especial del grado de calidad y representa una no conformidad en su sistema de calidad del producto agrícola.

Se anota por ejemplo:

Grade U.S. No. 2 Hard Red Winter Wheat, Weevily, dockage 1.0%
(Grado U.S. No. 2 Trigo rojo duro de invierno, agorgojado, impurezas 1.0%).

El trigo agorgojado es indicado en el manual de inspección de granos, aunque en cada procedimiento para cada tipo de grano: maíz, cebada, centeno, sorgo, frijol soya, girasol, avena, e incluso en granos mezclados, aparece en la gradación de calidad. Independiente al concepto de daños por insectos de almacén.

“Trigo agorgojado, será el trigo el cual está infestado con insectos vivos u otros insectos dañinos a los granos almacenados.”

Tal y como lo había expuesto en el segundo párrafo de este punto, en la calidad física se incluye la calidad sanitaria, la cual indica la presencia de insectos de almacén, además, de los otros parámetros tales como humedad, quebrados y materias extrañas, temperatura, granos dañados, peso específico, semillas de maleza entre otros. En este caso, dentro del Manual de Inspección de Granos del Servicio Federal de Inspección de granos (FGIS)⁵⁵ se indica sobre la base de la determinación para el grado especial agorgojado que deberá hacerse sobre una muestra representativa, el lote completo estático o sobre la muestra como un total durante la carga continua antes de remover las impurezas.

El trigo es considerado infestado y deberá ser clasificado agorgojado cuando se efectúa la certificación de calidad de acuerdo a las tres condiciones o situaciones principales de la evaluación:

A. Muestra representativa.

1. La muestra de trabajo contiene un insecto vivo y cualquier otro insecto vivo dañino a los granos almacenados.

2. La muestra de trabajo contiene un gorgojo vivo y el balance de la muestra representativa contiene un gorgojo vivo o cualquier otro insecto dañino al grano almacenado.

Nota: los otros insectos vivos pueden ser encontrados en la muestra de trabajo, el balance de la muestra representativa o ambos.

3. La muestra de trabajo, o la muestra de trabajo y el balance de la muestra representativa combinada, contiene gorgojos muertos pero contiene cinco o más de otros insectos vivos dañinos a los granos almacenados.

B. Lote como un todo (Estático).

1. Uno o más de dos gorgojos son encontrados en, sobre o alrededor del lote.
2. Quince o más de otros insectos dañinos al grano almacenado, incluyendo palomillas doradas, son encontrados en, sobre o alrededor del lote

C. Muestra como un total (Durante la carga continua).

1. Dos o más gorgojos vivos son encontrados en una simple porción tomada de la banda transportadora.
2. Un gorgojo vivo es encontrado en una porción y otra porción tomada inmediatamente después contiene uno ó más gorgojos vivos.
3. Un gorgojo vivo y cualquier otro insecto vivo dañino al grano almacenado son encontrados en un simple porción tomada de la banda transportadora.
4. Cinco o más de otros insectos vivos dañino al grano almacenado son encontrados en una simple porción tomada de la banda transportadora.

Pueden ser encontradas otras circunstancias en las cuales el trigo está infestado con gorgojos vivos u otros insectos vivos dañinos al grano almacenado. En tales casos, las indicaciones precedentes deberán ser usadas como una guía general.

Durante la certificación, cuando el trigo es encontrado agorgojado, este factor de calidad deberá ser mostrado en el ticket de no conformidad y en el certificado de inspección oficial de acuerdo con el grado de designación, por ejemplo:

Grade U.S. No. 2 Hard Red Winter Wheat, Weevily, dockage 1.0%
(Grado U.S. No. 2 Trigo rojo duro de invierno, agorgojado, impurezas 1.0%).

3.5.3 El concepto de los granos almacenados

El concepto que cada individuo o empresa tiene sobre los granos varía con su interés en éstos. El individuo puede considerar los granos almacenados como: mercancía, riqueza, material vivo, materia prima, alimento humano o alimento animal, por lo que el concepto influirá en el manejo y conservación.

Cuando los granos son tratados como una mercancía frecuentemente es poco lo que le interesa la calidad, excepto cuando ésta afecta las ganancias (o pérdidas). Las ganancias pueden aumentar comprando grano de calidad inferior a bajo precio y mezclando éste con grano de alta calidad para producir un lote de granos con un grado intermedio, el cual puede vender a un mejor precio, que si los comercializara de manera individual. Las normas de calidad permiten una cierta cantidad de granos dañados para cada grado y fomentan este tipo de mezclas,

además, que es alentador para la prevención y/o retiro de los factores que empeoran la calidad tales como tamos y polvos, así como granos dañados por hongos e insectos.²⁵

También como mercancía, muchos de los granos pueden ser comprados o vendidos con mucha rapidez, inclusive pueden ser manejados aunque presenten alta humedad o insectos. En este caso los problemas pasan a los compradores y consumidores.

Si los granos son considerados como una fuente de riqueza, éstos son tratados generalmente con más cuidado para ser conservados. Cuando los productores consideran los granos como moneda en el banco, ellos tratarán de preservarlos, como debería el banquero preservar las monedas depositadas en el banco.

Una persona puede manejar los granos como una inversión, para especular en el mercado, cuando se coticen a altos precios. Frecuentemente aunque una persona considera los granos almacenados como una riqueza y es más cuidadosa con éstos, aunque pueden tener más deterioro de lo que espera. Estos granos pueden tener insectos, los cuales no son detectados, o zonas de alta humedad cuando aparecen los hongos de almacén, ambos (insectos y hongos) reducen el peso de los granos y frecuentemente esto no es detectado cuando se vende el grano. Asimismo, si el grano no es pesado cuidadosamente cuando está en el almacén y cuando es vendido, tales pérdidas no son notificadas.²⁵

Cuando el grano es considerado como un material vivo ó semilla, cada grano es un embrión, rodeado por material nutriente, que cuando es plantado, en el suelo, éste producirá una pequeña planta.

Si el grano es destinado para mantenerlo como semilla, para producir grano, este debe ser almacenado cuidadosamente. Los que están destinados para continuar produciendo semillas reciben especialmente atención del productor o por una compañía comercial de semillas para que un gran porcentaje de los embriones permanezca viable (vivos) al momento de plantarlos. El secado y enfriado de los granos, así como el bajo nivel de respiración y la alta viabilidad de las semillas debe mantenerse. La viabilidad de los embriones no solo es lo importante en la producción de semillas sino también para los molineros. Los granos que han sido dañados por hongos y otros microorganismos son frecuentemente llamados germen café y puede influir en la calidad de la harina.^{25, 53}

Cuando los granos son considerados como alimento para el hombre, las personas que manejan éstos, deberán tener la obligación moral para mantener su calidad, en adición a las consideraciones de ganancia o riqueza. Esto es y debe ser razonablemente correcto, para prevenir tanto como sea posible la contaminación por mohos, insectos y roedores.²⁵

3.5.3.1 La temperatura y humedad como factores en la conservación de granos en el almacén o transporte.

Temperatura

La temperatura es uno de los factores más importantes que afectan a los insectos de granos almacenados. Siendo organismos poiquiloterms tienen un rango limitado de temperaturas (10-42°C) dentro los cuales estos pueden moverse, alimentarse, reproducirse y constituir poblaciones económicas, comparados con los organismos homeoterms (aves y mamíferos).^{26, 31}

La mayoría de insectos de granos almacenados son considerados de origen tropical o subtropical y no son activos cuando las temperaturas son bajas, excepto algunos nativos de regiones templadas o grandes altitudes, los cuales pueden sobrevivir fácilmente a bajas temperaturas.²⁵ Por ejemplo *Acanthocelides obtectus* (gorgojo pardo del frijol), *Sithophilus granarius* (gorgojo del trigo), *Oryzaephilus mercator* (gorgojo mercader de los granos), *Ephestia cautella* (palomilla de la fruta seca) y *Plodia interpunctella* (palomilla india de la harina).

Aunque existen excepciones, las temperaturas óptimas para el desarrollo y reproducción de insectos de almacén fluctúan de los 20 a 37°C. Conforme la temperatura varía por arriba o debajo de este rango los insectos son afectados considerablemente. En temperaturas de 15°C la actividad de los insectos (alimentación y desplazamiento) se reduce mucho y en temperaturas de 10°C cesa su actividad (Anexo 9.4.).^{25, 26, 31} Cuando existen bajas temperaturas en el ambiente, estas son usadas frecuentemente para enfriar el grano, mediante sistemas de aireación instalados en los silos o bodegas, para ayudar a protegerlo de los insectos y los hongos. En algunos países como Israel se utiliza refrigeradores de granos, desde los años setentas, fabricados en ese país o en Alemania.

Los insectos de almacén también son susceptibles a las altas temperaturas, generalmente arriba de 38°C. Sin embargo, específicamente insectos como *Trogoderma granarium* (gorgojo "khapra"), *Rhyzopertha dominica* (barrenillo de los granos), *Tribolium castaneum* (gorgojo castaño de las harinas) y *Cryptolestes ferrugineus* (gorgojo plano) toleran rangos entre 39 a 42°C. En este aspecto, durante el secado de granos se calienta el aire entre 45°C a 70°C lo que permite controlar las infestaciones de granos.³⁵

La humedad.

Los granos son materiales higroscópicos que ganan o pierden humedad de acuerdo a la humedad relativa del aire circundante.

El contenido de humedad de los granos y la humedad relativa ambiental de equilibrio es un fenómeno importante y ayuda a explicar el cambio de humedad que ocurre entre el aire y el grano.^{25, 35}

El contenido de humedad de los granos tiene también una influencia importante en los insectos y hongos de almacén, El secado hace a los granos menos adecuados para los insectos, el grano abajo del 11% de contenido de humedad no es adecuado para los insectos. Aunque existen excepciones, por ejemplo, *R. dominica* (barrenillo de los granos) es una plaga cosmopolita destructiva y

Prostephanus truncatus (barrenador mayor de los granos) es una seria plaga del maíz en Centro y Sudamérica, ambos pueden desarrollar poblaciones a bajos contenidos de humedad. Así también, *T. granarium* (gorgojo “khapra”) alcanza a reproducirse en productos deshidratados en niveles del 2 al 5%.^{37, 54}

Si las condiciones de temperatura y humedad son favorables a los insectos, pueden incrementarse sus poblaciones a un nivel en el cual el calor producido por su metabolismo, no logra disiparse del grano hacia el ambiente tan rápido como es producido y también el grano incrementa su temperatura. Si las poblaciones son activas y lo suficientemente grandes éstas logran mantener la temperatura caliente del grano, incluso cuando la temperatura ambiente es baja.³¹

La interacción de la temperatura y la humedad en los granos almacenados puede causar condiciones desfavorables para su conservación. Si hay diferencias de temperatura dentro de la masa del grano, corrientes de convección logran transferir humedad de una parte del grano a otra. Tal migración de humedad provoca “focos” de grano con alto contenido de humedad suficiente para activar los hongos e insectos.^{25, 35}

Con las bajas temperaturas ambientales en otoño, la temperatura del grano coincide con el decremento de la pared del silo. El aire intergranular cercano a las paredes viene mas denso y cae, causando que el aire suba en el centro de la masa del grano humedeciendo la parte superficial.^{6, 25, 35}

Como la temperatura ambiente se incrementa en la primavera, la corriente de convección se mueve en dirección opuesta y tiende a moverse la humedad de la superficie hacia el fondo de la masa de granos.^{25, 35}

Si el almacén tiene facilidad de un sistema de aireación forzada, el uso apropiado de este previene la migración de humedad en la masa de grano. La aireación mantiene uniforme la temperatura del grano, esto no permite el desarrollo de corrientes de convección. En áreas donde la temperatura ambiental es fría, la aireación deberá también bajar la temperatura del grano, la cual reduce la actividad de hongos e insectos.

Cuando la humedad relativa del ambiente es continuamente alta, el grano no puede ser cosechado a un nivel de humedad seguro (por ejemplo entre el 10 y 14%), por lo que éste deberá ser secado para prevenir daños en el almacén. Por lo anterior los granos deberán ser cosechados tan secos como sea posible. En el caso de los cereales con menos del 14%, para leguminosas con menos del 12% y oleaginosas con menos del 10%.^{25, 31, 35}

Desgraciadamente, el grano es generalmente comprado y vendido sobre una base de “peso húmedo” tanto que estimula secar el grano no más de lo absolutamente necesario, en el mercado o el almacén, remover más del uno por ciento de humedad, en promedio representa el uno por ciento de pérdida de grano (en peso) para venta. Aún así, especialmente para almacenamiento prolongado, es prudente que el grano tenga un contenido de humedad por abajo del máximo para un almacenamiento seguro, es decir, para decrecer el daño potencial de hongos e insectos.^{25, 35}

3.5.3.2. Bioecología de los insectos de granos almacenados.

Los insectos han vivido en la Tierra desde hace 350 millones de años, comparados con menos de 2 millones de años del hombre, y durante ese tiempo han evolucionado en muchas direcciones para adaptarse a la vida en la mayoría de los de hábitats.⁴

Las especies de insectos de granos almacenados difieren en el ciclo de vida, rango de desarrollo, condiciones óptimas de granos hospederos, temperatura, humedad, y otros factores ambientales; No obstante estas son generalizaciones que deberían incluir muchas de las especies.²⁵

En general el ciclo de vida desde la ovoposición hasta el estado adulto es de 15 a 72 días. Cada hembra deposita 50 a 1000 huevecillos. Tienen una longevidad de 4 a 8 meses, de 4 a 6 semanas o de 14 a 22 días, dependiendo de la especie. Algunas han perdido la capacidad de volar, debido a su adaptación al almacén. (Anexo 9.5.).^{9, 25, 26, 31}

De las 250 especies, solamente unos pocos son capaces de desarrollarse y reproducirse en los granos enteros. Un factor importante que limita este número de especies es el secado de granos. Ellos obtienen el agua libre contenida en los granos, frecuentemente del 13 al 14%. También son eficientes conservadores de agua debido a que su exoesqueleto está cubierto de una capa lípidica que retarda la evaporación. Aunque son eficientes “manejadores” de agua, si el grano es demasiado seco, no obtendrán agua para su desarrollo. Para muchas especies el contenido de humedad de los granos de 10-11% es un nivel crítico.^{9, 25, 54}

El grano es un material muy nutritivo, y excepto por unos pocos nutrientes específicos, serian un alimento completo para el hombre. Por lo tanto desde el punto de vista nutritivo y cuantitativo (excepto de agua) los insectos de granos almacenados han hecho una excelente elección de alimento.

Los granos son buenos aislantes térmicos, característica que puede ser buena o mala porque esta peculiaridad permite que el calor metabólico de insectos, hongos, y/o grano sea retenido, causando incrementos en la temperatura y por consiguiente afectan. Por otra parte si los granos han sido enfriados, éstos se tibirán ligeramente cuando son expuestos al calentamiento estacional y por lo tanto se benefician.²⁵

La naturaleza higroscópica de los cereales permite el cambio en el contenido de humedad, dependiendo de la humedad relativa a la cual están expuestos. El contenido de humedad de una masa de grano no cambia rápido, excepto la superficie expuesta al aire ambiental. Esto es importante para localizar áreas del granel donde puede incrementarse la humedad, debido a la alta humedad relativa y provocar la migración de humedad, o la actividad biológica en cualquier caso puede resultar en un daño sustancial de la calidad del grano.^{25, 31, 35, 54}

4. Desarrollo

4.1. Planeación y abastecimiento de fumigantes, equipos y materiales

Con base a la NOM-022-FITO-1995 se inició la adquisición de los materiales y equipos mínimos necesarios indicados en ésta Norma Oficial Mexicana en los cuales se incluyen:

- Fumigantes e insecticidas
- Equipos y materiales de aplicación
- Equipos de seguridad y primeros auxilios
- Equipos y materiales de detección y muestreo
- Equipo de transporte

4.1.1. Fumigantes e insecticidas utilizados

Los fumigantes e insecticidas deben tenerse en cantidad suficiente como stock ó reserva para al menos tres meses, evitando así problemas de abastecimiento que puedan provocar fallas en el servicio ó en la operación.

El bromuro de metilo (98% de ingrediente activo)

- Tiene forma de gas a temperaturas superiores a 3.6°C generalmente se maneja en forma líquida en envases de acero con válvulas de seguridad, a alta presión de 10.5 a 14.1 Kg./cm², de diferente capacidad desde 454 g hasta 90.72 Kg. Aunque existen cilindros de hasta 500 y 1000 Kg, usados con fines de transportación y fumigación de suelos en áreas muy grandes.³⁶
- Es uno de los fumigantes de mayor utilidad, ya que tiene una gran capacidad de penetración hasta 7 m de profundidad en gráneles de cereales, difundándose rápidamente por toda la masa del material fumigado, debido a que es tres veces más pesado que el aire, así mismo se desvanece rápidamente después de la fumigación.⁴⁶
- Otra de las ventajas del bromuro de metilo es que no es inflamable, ni explosivo e inclusive en Europa se llegó a utilizar como extinguidor de fuego.
- Manejándolo adecuadamente con precaución por personal previamente capacitado, como otros fumigantes tóxicos incluso de mayor riesgo, su aplicación es segura. La condición es asegurar una correcta hermetización y evitar fugas durante su aplicación. La experiencia nos demuestra que si se manipula con las precauciones debidas, no suelen presentarse problemas ni peligros de intoxicaciones.^{35, 36, 46}
- Es relativamente barato, actualmente tiene un costo de \$32.50 / Kg) y es sumamente toxico para insectos incluyendo *Trogoderma granarium* (todos los estadios), ácaros y garrapatas (todos los estadios), nematodos

- (incluyendo quistes), caracoles y babosas, hongos y malezas.^{36, 45}
- Es efectivo en una amplia gama de temperaturas arriba de 5 °C.³⁶
- Afecta la viabilidad y la germinación, por lo que no es recomendable para semillas.^{35, 46}

El fosforo de hidrógeno.

- El fosforo de hidrógeno es un gas que se produce por la reacción de la humedad ambiental y el producto fumigado con los fosforos de aluminio (56.7% de ingrediente activo) o magnesio (66% de ingrediente activo), combinados con estearato de amonio, bicarbonato de amonio, urea ó cloruro de amonio para reducir su explosividad.^{32, 34, 35, 38}
- Existen en el mercado en presentaciones de tabletas y perdigones de 3 g de AIP, que liberan 1 g de fosfina ó fosfamina. La presentación más común es de 20 tabletas por tubo; 16 tubos por lata; 12 latas por caja con 3840 tabletas.
- También existen en presentación de perdigones de 3 g de AIP que liberan 1 g de fosfina. Son envasados en frascos de aluminio de 500 perdigones por frasco; 14 frascos por caja con 7000 tabletas.
- La presentación en pellets de 0.6 g de AIP que liberan 0.2 g de fosfina. Se envasa en frascos de aluminio de 1,667 pellets; 21 frascos por caja con 35,007 pellets por caja.
- Hace algunos años se comenzó a vender en la presentación de polvo en empaques de aluminio un material poroso, que permite la liberación de la fosfina.^{32, 38}
- En la práctica de acuerdo a las necesidades de operación y del método utilizado se selecciona la presentación, incluso considerando el costo y el tiempo de liberación del gas para los fosforos de aluminio y de magnesio.
- Existe en el mercado una variación en precio que oscila entre \$0.35 y \$1.20 por tableta o perdigón de 3 g dependiendo del país de importación (Alemania, USA, Brasil, India o Israel)
- Para su aplicación requiere de una sonda inyectora para distribuir homogéneamente las tabletas en el granel, no obstante en instalaciones con sistemas transportadores de granos se utiliza un dosificador automático. En el caso de barcos actualmente la tendencia es utilizar sistemas de aireación, para recircular el fumigante, y se instalan antes de la carga del barco.^{32, 34, 35, 38}
- La fosfina tiene una densidad de 1.2 veces la densidad del aire por lo que facilita su difusión en los materiales fumigados.^{34, 38}
- La fosfina puede usarse cuando el producto se requerirá en no menos de 7 días. Cuando la viabilidad es importante, y cuando se requiere controlar *Trogoderma granarium*.^{34, 35, 38}

- No se deberá usar fosfina cuando la temperatura es menor de 10° C. Cuando la humedad relativa es menor a 25% o cuando el contenido de humedad es menor de 9% y mayor de 16%.^{34, 35, 38}
- Dependiendo de su formulación y calidad del fosforo de aluminio se llegan a observar diferencias en el tiempo de liberación del gas que oscilan entre 3 y 10 días para completar su hidrólisis en un rango de 10 a 30 °C y una humedad relativa de 30 a 90% y un contenido de humedad de los granos del 10 al 15.5%.^{32, 34, 38}
- No afecta la viabilidad y la germinación.^{32, 34}

Insecticida piretroide deltametrina (2.5% C.E.)

- La deltametrina es uno de los piretroides autorizados por la CICOPAFEST para uso en granos y semillas para la protección de insectos de almacén, en impregnación directa al grano y en la preparación de las bodegas, en tratamiento de superficies y para tratamientos de espacios vacíos.
- Es formulado al 2.5% de i.a. y 20% de butoxido de piperonilo, que actúa como sinergista.^{1, 8, 23}
- Actúa por ingestión y contacto contra adultos y larvas recién emergidas, procedentes de las infestaciones ocultas, evitando que lleguen a reproducirse.^{1, 23}
- Su espectro de acción es amplio para todos los insectos de productos almacenados coleópteros y lepidópteros.^{1, 8, 23}
- Su aplicación se efectúa mediante aspersoras, nebulizadoras o neblinizadoras de ultra bajo volumen (UBV)
- En incorporación o impregnación directa al grano, a flujo continuo en bandas transportadoras se utilizan dosis desde 0.5 ppm a 1.00 ppm (20 a 40 ml por tonelada de grano). Regularmente se utilizan las dosis más bajas para menor tiempo de protección al grano. Así también, para granos grandes por ejemplo, el maíz. Las dosis altas se usan para mayor tiempo de protección y en granos pequeños como el sorgo, debido a que presentan mayor superficie de impregnación.^{1, 2}
- No afecta las propiedades nutricionales o molineras del producto tratado, ni la germinación de semillas.¹
- El límite máximo de residuos establecido por el *Codex Alimentarius* es de 1 ppm en cereales crudos y su dosis máxima corresponde a este límite establecido.^{1, 13}

- Su presentación comercial es en envases de plástico de diferente capacidad 1 a 5 L, hasta 20 y 200 L en recipientes metálicos con una cubierta anticorrosiva.

4.1.2. Equipos y materiales de aplicación.

Los equipos y materiales de aplicación son la parte esencial en la técnica de fumigación por el método de gravedad, en graneles con profundidades mayores a 7 m, mediante bromuro de metilo y otros gases líquidos envasados a alta presión y baja temperatura.

Inicialmente con base en mi experiencia en las fumigaciones de bodegas en ANDSA había diseñado la red de fumigación mediante poliducto negro y abrazaderas, con tubos inyectoros de fierro galvanizado. Sin embargo, estos materiales en corto tiempo tendrían que ser reparados o cambiados por otros nuevos y además representaban ciertas desventajas tales como: riesgos durante la fumigación, dificultad en el manejo y reflejo de improvisación.

Para mejorar la red de fumigación diseñé un sistema que fuese rápido en su construcción, seguro a prueba de fugas y de fácil manejo. Esto dió como resultado la construcción de un elemento denominado **manifull**, la compra de mangueras de polietileno (poliflow) 3/8 y 1/2 pulg. de alta presión (150 lb./pulg.²), conexiones rápidas prestolook de latón y tubos de acero al carbón de 3/8 de pulg. (Cédula 40) A los que se les hicieron perforaciones transversales y se les colocó una punta, también de acero, para facilitar la inyección del bromuro de metilo en el granel.

Para la aplicación de la dosis correcta del bromuro de metilo se utiliza una **bascula de 120-150 Kg. de capacidad**, por diferencia de peso, debido a que se utilizan cilindros de 90.72 Kg. de contenido neto, más el peso del envase de 20 Kg. Para el caso de fumigaciones de pequeños volúmenes (comparadas con las bodegas de los barcos) se utiliza un **dosificador por volumen con capacidad de 3 kg**, fabricado en acero inoxidable y conexiones de latón. Para la aplicación de fumigaciones a pequeña escala se utiliza **un aplicador de bromuro en latas** de una libra (454 g.).

El **vaporizador o gasificador** es un equipo que permite fumigar cuando las temperaturas están por debajo de 15.5°C., o cuando se requiere el uso de más de 2 Kg de bromuro de metilo para el tratamiento. Al aplicar este compuesto gasificado se logra un importante beneficio para iniciar de inmediato la exposición de las plagas al fumigante, sin tener que esperar a que el bromuro se evapore en forma espontánea y además se consigue una mejor difusión. El vaporizador tradicional consta de un serpentín de tubo de cobre de 3/8" de diámetro exterior y 7.5 m de largo, sumergido en un recipiente de agua que es calentada 50 ó 60°C, por un quemador de gas butano abastecido de un tanque de 10 Kg.

El **equipo de presurización con nitrógeno** consta de una válvula reguladora para descarga, conexiones y válvulas para introducir presión controlada de un

cilindro de nitrógeno a uno con bromuro de metilo. Si se mantiene una presión constante en el cilindro de bromuro se asegura un flujo uniforme y previsible.

Parte del equipo que se considera en la aplicación del fumigante es el **sistema de aireación** que incluye **motoventiladores (axiales ó centrífugos) y ductos de aireación (de transición, perforados y ciegos)**. Es un sistema de circulación forzada de aire en las bodegas de los barcos. Actualmente se utilizan en la recirculación de los fumigantes tales como fosfuro de hidrógeno generado a partir de fosfuro de aluminio, fosfuro de magnesio.³⁸

Estos sistemas se instalan al antes de cargar el barco en el puerto de origen, sin embargo en los puertos de destino se utilizan para ventilar el producto después de efectuada la fumigación.

Las **termonebulizadoras y motoaspersoras** se usan para la aplicación de insecticidas en concentrados emulsionables y polvos solubles en agua. Estos equipos requieren mantenimiento constante y reserva de refacciones para su óptimo uso.

Dentro de los equipos y materiales se incluyen la **cinta métrica (30 ó 50 m) de tela** para cubicar en caso de ser necesario, **“diablos”** para la carga de los cilindros de bromuro de metilo, **lámparas de baterías, redes de cuerda nylon** para subir el equipo a cubierta, **rollos de polietileno y almohadillas de arena** para facilitar la hermetización en caso de requerirse.

4.1.3. Equipo de seguridad y primeros auxilios.

En la actualidad existen normas de la Secretaria del Trabajo y Previsión Social STPS (Anexo 9.6.), para el uso de equipo de seguridad específico para cada actividad relacionada con los diferentes agentes químicos. El equipo de seguridad comprende **mascarillas antigas** con filtros específicamente para el bromuro de metilo ó fosfina, según sea el caso, para proteger de bajas concentraciones (5 ppm). También incluye **equipo de autocontenido de 9 Kg de capacidad ó 30 minutos de duración**, para que en caso de una emergencia se pueda trabajar en concentraciones altas.

Otro tipo de mascarillas es para protegerse de los insecticidas que se aplican en forma de niebla, aspersión o ultra bajo volumen (UBV) las cuales no deben ser utilizadas para protegerse durante la fumigación. Por otra parte también es conveniente usar una **mascarilla antipolvo**, con el fin de no saturar el filtro de las **mascarillas contra vapores orgánicos**. Para este caso se adquirieron mascarillas con ambos propósitos del tipo 3M de cara completa.

Cada técnico de fumigación u operario debe contar con su equipo completo de seguridad según la protección requerida (Tabla 6)

Tabla 6. Equipo de seguridad y de primeros auxilios

EQUIPO

- ✓ Overol 100% algodón o de poliuretano desechable
- ✓ Botas industriales con casco de acero
- ✓ Guantes de hule (cuando se usen insecticidas)
- ✓ Guantes piel tipo electricista(cuando se aplique el Br CH₃)
- ✓ Goggles o lentes
- ✓ Mascarillas antipolvo
- ✓ Mascarillas contra vapores orgánicos
- ✓ Mascarillas antigás de cara completa y filtros(BrCH₃ ó PAI)
- ✓ Casco
 - Equipo de oxígeno(uno por equipo de trabajo)
 - Botiquín (uno por equipo de trabajo)
 - Equipo respiración autónomo (dos por equipo de trabajo)
 - Letreros preventivos de Peligro (en proceso de fumigación)

4.1.4. Equipos de detección y muestreo

4.1.4.1. Fumiscopio.

El fumiscopio es un analizador por conductividad térmica, que permite determinar la concentración de bromuro de metilo en un espacio fumigado, éste fue inventado por Phillips y Burguer⁶, en 1953, por lo que ha tenido pequeñas modificaciones; pero básicamente es el mismo principio de funcionamiento. Contiene una celda de conductividad térmica a base de un filamento de tungsteno, una bomba para succionar el gas a un flujo de 500 cc por minuto, un medidor del flujo del gas, y un tubo para el secado del gas. La concentración del bromuro de metilo se lee en una carátula digital en g/m³ y ppm.

4.1.4.2. Detector de haluros a partir de propano.

Existen varios modelos de estos detectores, destacando 2 tipos de detectores. El primero consiste de un tanque portátil de gas propano, una válvula para regular su salida, un quemador donde el combustible se mezcla con el aire, un cono o plato de cobre donde la flama visible da una reacción de color, y una manguera de muestreo.³⁶ Cuando existe bromuro de metilo en el ambiente, la flama del quemador presenta una coloración de verde pálido a azul brillante, según la concentración del fumigante (tabla 7).

Tabla 7. Concentración del bromuro de metilo (FAO-OMS, 1992)¹³

| Detector de haluros a partir de propano | | |
|---|-------------------------|---------|
| Color de la flama | [g/m ³] a) | [ppm] |
| Incolora-azul pálido | 0 | 0 |
| Verde pálido | 0.1 | 25 |
| Verde moderado | 0.2 | 50 |
| Verde | 0.5 | 125 |
| Verde fuerte | 1.0 | 250 |
| Verde fuerte c/franja azul | 2.0 | 500 |
| Azul-verde fuerte | 3.2 | 800 |
| Azul purpurino o brillante | 4.0 | 1000 |
| | | |

Nota: **a)** g/m³ = mg /litro = 1 onza/1000 pies³

Este aparato es útil para detectar fugas alrededor de los espacios fumigados y solo puede ser usado como una guía de acuerdo a la coloración de la flama, además dan una indicador continuo muy valioso durante la fumigación.

El otro tipo es un detector sónico de haluros. Este equipo homologado al anterior nos indica la presencia de bromuro de metilo mediante una alarma sónica, aunque no indica los niveles de concentración. No obstante la ventaja sobre el anterior es que no usa flama y se puede ocupar en cualquier horario de trabajo.³⁶

4.1.4.3. Bomba de muestreo para tubos colorimétricos.

La concentración del bromuro de metilo también puede determinarse con tubos colorimétricos que se acoplan, uno o dos, a una bomba especial para extraer una muestra de la mezcla aire-gas (normalmente de 100 ml). La muestra es pasada a través del tubo, donde se realiza una reacción química, dando una coloración típica. La longitud de la zona coloreada es proporcional a la concentración del gas, leyendo el número en una escala impresa en el tubo.³⁶

Los tubos colorimétricos son específicos para cada fumigante y normalmente se encuentran aparatos de diferentes marcas; por ejemplo Dragüer, Gastec, Kwik Draw o Kitagawa.

También se usan mangueras de polietileno de 1/8" para muestreo durante el proceso de la fumigación.

4.1.1.4. Potenciómetro.

Siendo la temperatura un factor determinante en el proceso de la fumigación, se utilizan termómetros electrónicos denominados potenciómetros de la marca Delmhorst, especiales para granos. Este equipo aún cuando no se cita en la NOM-022-FITO-1995 debe ser utilizado ya que en la NOM-005-FITO-1995 y NOM-028-

FITO-1995 las dosis de aplicación se basan en la temperatura.

4.1.5. Caladores de granos y cribas metálicas.

Son utilizados durante el muestreo y la inspección de granos, para la detección de insectos de productos almacenados.

Los caladores son tubos metálicos de diferentes tamaños, de bronce o aluminio, denominados sondas de alvéolos o profundidad y las cribas son generalmente de aluminio con diferentes tamaños y tipos de perforaciones, según el grano que se requiera cribar, en complemento utilizan charolas de aluminio y en conjunto cribas y charolas se conocen como zarandas, en el laboratorio de granos.

4.1.6. Equipo de transporte.

Dentro de los equipos necesarios para proporcionar el servicio de tratamientos fitosanitarios cuarentenarios es imprescindible contar al menos con dos camionetas para el traslado del fumigante, los equipos y el personal técnico al puerto de Progreso, Yuc.

Complementariamente es aconsejable contar con equipo de comunicación como teléfonos celulares o afines.

4.2. Delimitación de las áreas de trabajo en el muelle y almacén de plaguicidas.

En apego a las Normas Oficiales Mexicanas NOM-005-STPS-1998, relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo para el manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas y la NOM-022-FITO-1995 se seleccionó y acondicionó la bodega en la ciudad de Mérida, Yuc. , para el almacenamiento de los plaguicidas, los equipos y materiales. Fueron colocados los señalamientos de peligro y acceso solo a personal autorizado. También se colocaron 3 extinguidores de fuego tipo ABC y un botiquín de primeros auxilios. La bodega cuenta con letreros que indican con claridad los teléfonos de emergencia entre otros los de la Asociación Mexicana de la Industria Fitosanitaria A.C. al Servicio de Información Toxicológica y la estación de bomberos local.

4.3. Asesoramiento y capacitación del personal técnico que participa directamente en la fumigación de barcos.

El uso de plaguicidas trae consigo la responsabilidad laboral, ética e incluso moral de capacitar y adiestrar al personal técnico que participará en el uso de sustancias químicas que son tóxicas para el ser humano³⁰. Por tal motivo antes de iniciar con las actividades de fumigación, el personal fue entrenado en el conocimiento de las características físicas, químicas y toxicológicas de los plaguicidas que se utilizarían en la empresa de tratamientos cuarentenarios fitosanitarios.

También se les instruyó en primeros auxilios. Y el uso de los equipos: de

protección (mascarillas y aparatos de respiración autónomo), detección de concentraciones (fumiscopio y drager), y el uso de la red de aplicación del fumigante.

Fue seleccionado el personal de la misma empresa con una experiencia mínima de un año en las fumigaciones.

4.4. Solicitud del servicio de tratamientos cuarentenarios por parte de los clientes.

Como parte de las normas para la importación y exportación de productos agrícolas, los clientes, que efectúan los trámites, necesitan solicitar los servicios de la empresa de tratamientos cuarentenarios, por ejemplo, ALSUR S.A. de C.V. para formalizar la contratación para que la empresa fumigadora se identifique y se coordine con las autoridades de la SAGARPA, agencia aduanal, autoridades portuarias y compañía naviera.

Por parte de la empresa fumigadora se elabora una cotización-autorización con el propósito de convenir la tarifa y condiciones del servicio, éste documento es firmado por ambas partes, es decir, el representante autorizado del cliente y el representante de la fumigadora.

El cliente solicita de la empresa fumigadora le proporcione una copia del Certificado del cumplimiento de la NOM-022-FITO-1995 (formato TC-02) de la Dirección General de Sanidad Vegetal en el cual se indica la vigencia por 6 meses y por ende, no existe impedimento alguno para proporcionar el servicio solicitado.

Cuando se formalizó el servicio de fumigación, ALSUR S.A DE C.V. elabora los oficios a la Oficina de Inspección de Sanidad Agropecuaria (OISA), Agencia Aduanal y empresa naviera para evitar posibles omisiones y confusiones, asegurando el tratamiento cuarentenario y el deslinde de responsabilidades.

4.5. Coordinación con las autoridades portuarias, agencia aduanal, compañía naviera y cliente, basándose en el tiempo estimado de arribo.

En las operaciones comerciales de importación y exportación de productos agrícolas, agropecuarios, forestales e industriales existen actividades de por sí complejas que requieren de la participación de las autoridades del gobierno y las empresas navieras, agencias aduanales, clientes y empresas de servicios, entre otras.

Para el caso de productos que se transportan vía marítima existe un término que se refiere al tiempo estimado de arribo, el cual se conoce como ETA (Estimated Time Arrived) el cual es informado por la agencia naviera contratada por el cliente para el transporte del puerto de origen al puerto de destino. Otro dato importante para coordinación de las actividades relacionadas con la fumigación y otras relativas a la importación es el plan de estiba (Stowage Plan) en el cual se indica

la distribución en libras o toneladas y pies cúbicos o metros cúbicos de cada bodega del barco. Este dato, proporcionado por el capitán del barco, sirve como base para calcular las dosis de aplicación del fumigante al producto de importación o exportación.

Por parte de las autoridades del gobierno federal participa la SAGARPA a través de la Oficina de Inspección de Sanidad Agropecuaria (OISA) cuya función es la de inspeccionar que las mercancías de importación o exportación cumplan con la Ley Federal de Sanidad Agropecuaria y las Normas Oficiales Mexicanas en la materia.

En resumen son las normas de cuarentenas exteriores y las normas que establecen los requisitos fitosanitarios. Estas normas indican al usuario los requisitos que debe cumplir para poder realizar la importación de un producto vegetal de su interés tales como entregar en el punto de ingreso el original del Certificado Fitosanitario Internacional; inspección al momento de ingresar al país, toma de muestras y análisis fitosanitario, tratamientos cuarentenarios, verificación en origen, aplicación de la guarda, responsabilidad y custodia, ingresar su mercancía por los puntos de ingreso autorizados y cumplir con los requisitos fitosanitarios adicionales por producto y país de origen.

La empresa fumigadora, quien proporciona los servicios de Tratamientos Cuarentenarios Fitosanitarios se coordina con el cliente, la OISA, la Agencia Aduanal y la Agencia Naviera.

4.6. Proceso de la fumigación en barcos.

El proceso de la fumigación del barco se puede expresar en resumen como: preparación de la fumigación, fumigación y post-fumigación. Cada una de estas etapas requiere de una constante de la coordinación del responsable técnico y el profesional fitosanitario de tratamientos cuarentenarios, por parte de la empresa fumigadora.

4.6.1. Preparación de la fumigación con bromuro de metilo (etapa de pre-fumigación)

Inmediato a la formalización de la solicitud del servicio de la fumigación de cada barco el responsable técnico revisa el stock del fumigante, el cual deberá ser de 75 a 80 cilindros llenos con 90.72 Kg. cada uno, en el caso de aplicar bromuro de metilo. Elabora una lista para verificar los equipos de aplicación, seguridad y primeros auxilios, detección, comunicación y transporte.

Se verifica, por el técnico responsable en turno, que el equipo de aplicación y distribución este en buenas condiciones y en suficiente cantidad para cada bodega, que consiste básicamente en lo señalado en las tablas (8, 9 y 10).

Tabla 8. Red de aplicación y distribución de bromuro de metilo.

| EQUIPO O MATERIAL | BOD. 1 | BOD. 2 | BOD. 3 | BOD. 4 | BOD. 5 | BOD. 6 |
|--|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Sondas inyectoras de gas de 3/8" | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 |
| Conexiones Rápidas de 3/8" | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 |
| Conexiones Rápidas hembra de 1/2" | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Conexiones Rápidas macho de 1/2" | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Conexiones Prestolock de 3/8" | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 |
| Conexiones Prestolock de 1/2 " | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| Mangueras Distribuidoras de Gas | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Mangueras Inyectoras de Gas | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 |
| Manifulls | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Llave española para Cilindro de CH ₃ Br | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Maneral | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

Tabla 9. Longitud y cantidad de mangueras distribuidoras, utilizadas en la fumigación por bodega.

| CONEXION | Long. | BOD. 1 | BOD. 2 | BOD. 3 | BOD. 4 | BOD. 5 | BOD. 6 |
|---------------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Cilindro—Evaporador | 5 m | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Evaporador -- "Y" | 10 m | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| "Y" --- Maniful | 20 m | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| TOTAL | | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |

Tabla 10. Longitud y cantidad de mangueras inyectoras, utilizadas en la fumigación por bodega.

| LONGITUD | BOD. 1 | BOD. 2 | BOD. 3 | BOD. 4 | BOD. 5 | BOD. 6 |
|-----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 4 m | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 5 m | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 6.5 m | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 7.5 m | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 10 m | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| TOTAL | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 |

Nota: La red de aplicación y distribución del bromuro fue diseñada a prueba de fugas y de fácil manejo, para asegurar una rápida instalación durante la fumigación.

4.6.2. Inspección y muestreo.

Esta es realizada por personal de la SAGARPA en el punto de inspección fitosanitaria internacional de entrada.

Para importaciones vía marítima, la ésta debe realizarse en el transporte antes de su descarga. En el caso de importaciones terrestres, la SAGARPA inspecciona tanto los granos como los barcos. También revisa la documentación de los embarques antes de su ingreso a nuestro país.

El personal oficial de la SAGARPA procede a la toma de muestra para la inspección fitosanitaria de los productos regulados en esta Norma, en caso de que se detecten plagas de interés cuarentenario, el producto no ingresará a territorio nacional e inmediatamente se procederá como se indica en el artículo 30 de la Ley Federal de Sanidad Vegetal, concediéndole la opción al importador o interesado el retorno o la destrucción del producto y los gastos que esta actividad genere serán cubiertos por los mismos (NOM-028-FITO-1996)

El personal de la SAGARPA efectúa un muestreo mediante los caladores apropiados e inspecciona directamente el grano a fumigar, para detectar la presencia de alguna plaga de importancia económica potencial o cuarentenaria. El muestreo es una etapa fundamental, ya que proporcionara la información sobre la presencia de plagas así como la calidad y otras determinaciones.

En el caso de detectar alguna plaga de importancia cuarentenaria procede a enviar la(s) especie(s), previo a la aplicación de un método de preservación, al Centro Nacional de Referencia de Diagnóstico Sanitario Ubicado en Calle Guillermo Pérez Valenzuela No. 127 Col. Del Carmen Coyoacan C.P. 04100 México, D.F.³⁷

4.6.3. Etapa de fumigación

Basándose en los resultados de la inspección y muestreo, el jefe de Inspectoría en el Puerto, indica el tratamiento específico, la dosis de aplicación preventiva o correctiva, a través de un formato de la Dirección General de Inspección Fitozoosanitaria y la Comisión Nacional Agropecuaria. En la dosis preventiva se indica la dosis más baja para fumigar productos y subproductos de origen vegetal aparentemente libres de plagas, según la inspección y el muestreo, de esta manera se asegura la fitosanidad. La dosis correctiva se utiliza para el combate cuarentenario, ante la presencia de cualquier estadio biológico de insectos.

4.6.3.1. Dosis de Aplicación.

Es la cantidad de fumigante aplicado, y generalmente se expresa en peso de la sustancia química por volumen de espacio. En el tratamiento de cereales se utilizan g / m³.

En la práctica se realiza el cálculo total de kilogramos a utilizar de bromuro de metilo por cada bodega del barco (según el plan de estiba).

De acuerdo a la dosis establecida comúnmente se aplican 40 g por m³ de grano a una temperatura mayor o igual a 32°C a presión atmosférica normal (Tabla 11); sin embargo la dosis puede variar dependiendo de: El Tipo de Grano o producto vegetal, la temperatura del grano o producto vegetal, el tipo de plaga a controlar y

su estadio biológico y el tipo de fumigación (preventiva o correctiva).

Es importante diferenciar las dosis de aplicación de la concentración, ya que desde el momento en que una dosis cualquiera penetra en el recinto que se va a fumigar desaparecen progresivamente del espacio libre moléculas de gas, bien sea por el proceso de adsorción y absorción de los productos fumigados o por las fugas reales del sistema, como a veces sucede.

Tabla 11. Tratamiento: t302 (d1) bromuro de metilo a presión atmosférica normal en cámara o en cubierta de plástico.

| TEMPERATURA | DOSIS g/m ³ | CONCENTRACION 0.5 HRS. g/m ³ | LECTURA DE: | |
|--------------|---------------------------|--|---------------------------------|--------------------------|
| | | | g/m ³ TRAS 2 HRS. | 12 HRS. g/m ³ |
| 32°C O MAYOR | 40 | 30 | 20 | 15 |
| 27 - 31°C | 56 | 42 | 30 | 20 |
| 21 - 26°C | 72 | 54 | 40 | 25 |
| 16 - 20°C | 96 | 72 | 50 | 30 |
| 10 - 15°C | 120 | 90 | 60 | 35 |
| 4.6 - 9°C | 144 | 108 | 70 | 40 |

Referencia NOM-028 FITO-1995

4.6.3.2. Distribución del Fumigante por cada bodega del barco.

Generalmente para la distribución del fumigante, el equipo de trabajo se compone de seis técnicos, los que se reparten el trabajo para subir a la cubierta los cilindros de bromuro, aparatos y otros materiales. Debido al peso de los cilindros de bromuro y las sondas inyectoras se suben a la cubierta del barco, mediante las redes (construidas de cuerda nylon) y la grúa, operada por la tripulación.

En la Fig. 2 se observa en conjunto la ubicación de las bodegas que contienen el granel agrícola indicando la distribución de las 84 sondas inyectoras del bromuro de metilo

Fig. 2A. Vista lateral derecha del barco indicando el orden y ubicación de las bodegas enumeradas de proa a popa.

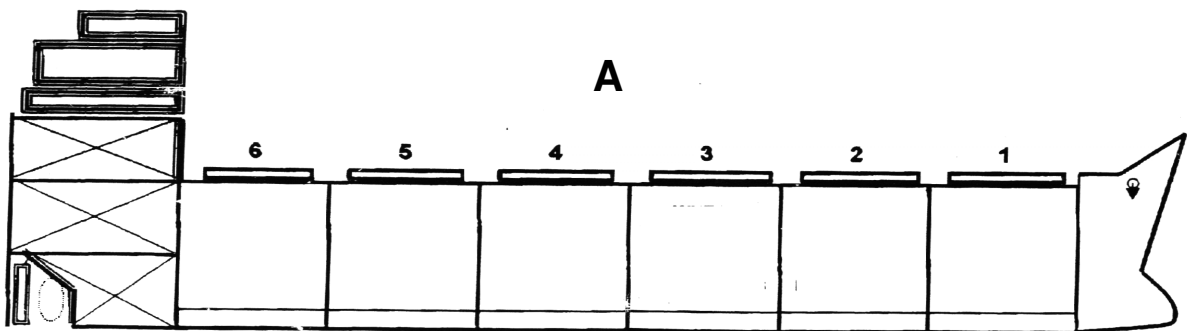
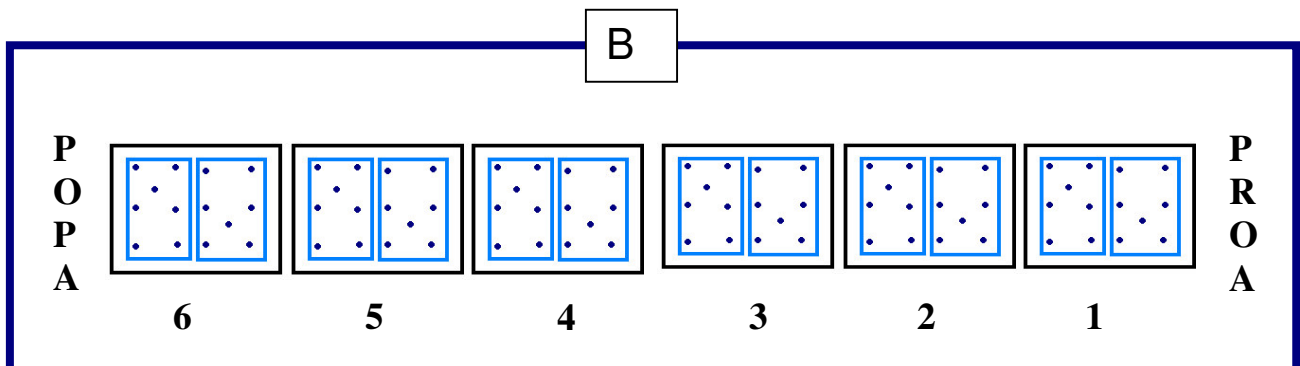


Fig. 2B. Vista superior del granel en 6 las bodegas, para la distribución de las sondas inyectoras del bromuro de metilo. Obsérvese que la distribución se repite en cada bodega.



El bromuro de metilo se distribuye en el granel de cada bodega mediante una red fumigación (Fig. 3 y 6), formada con mangueras de polietileno, distribuidores de gas o **Manifol** (Fig. 4) y **sondas inyectoras de 3 m a 6 m de largo**, introducidas con la ayuda de un **maneral** (Fig. 5) el cual facilita su introducción, a diferente profundidad.

Fig.3.- Detalle de la red de distribución, por cada bodega del barco.

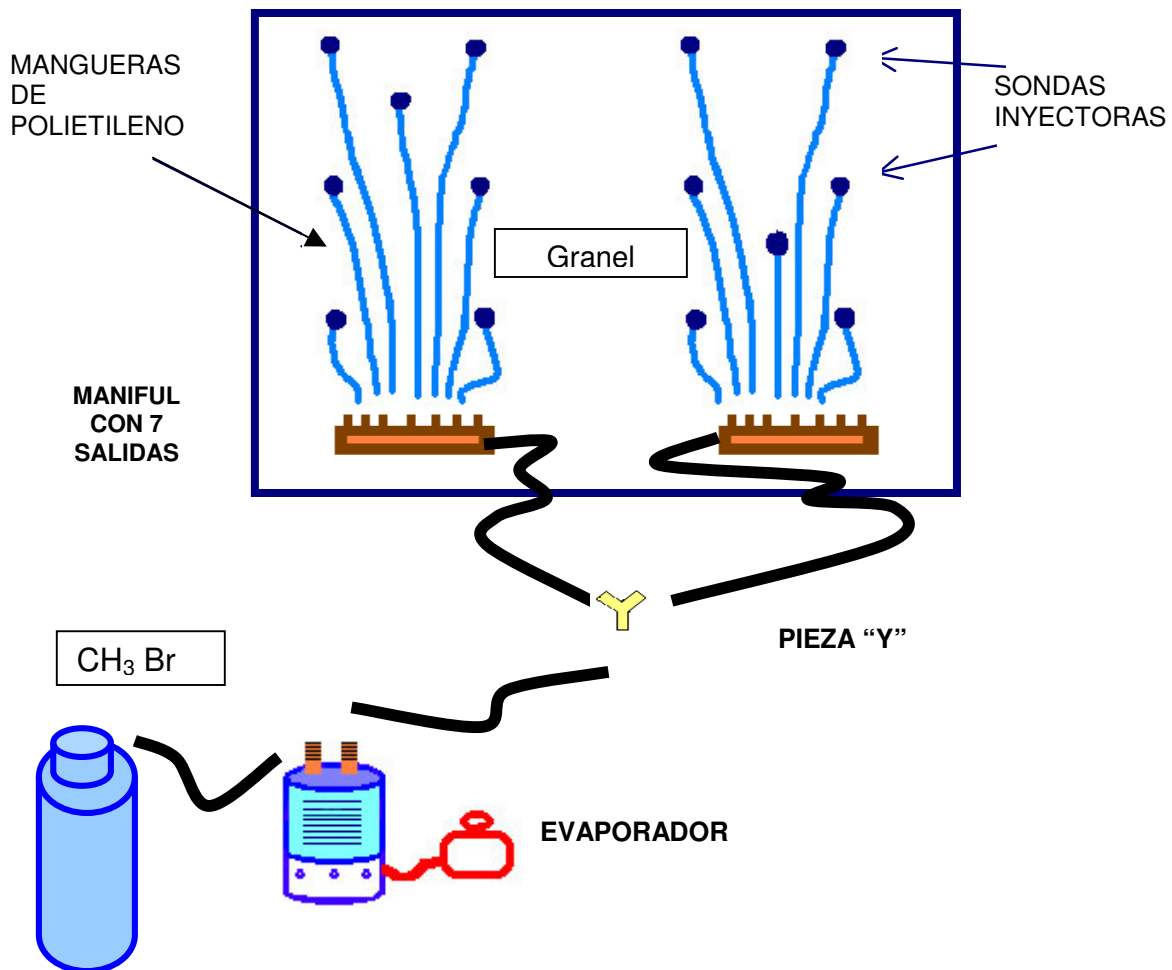


Fig. 4 detalle del MANIFULL o distribuidor de gas. Obsérvese una entrada y siete salidas.

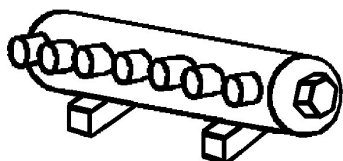


Fig. 5 MANERAL que se utiliza en la introducción de sondas para BrCH_3

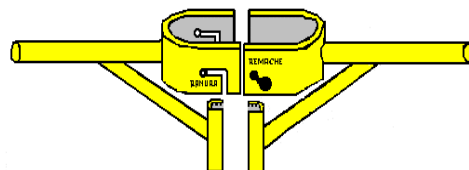


Fig. 6 Red de aplicación para un cilindro de bromuro de metilo.

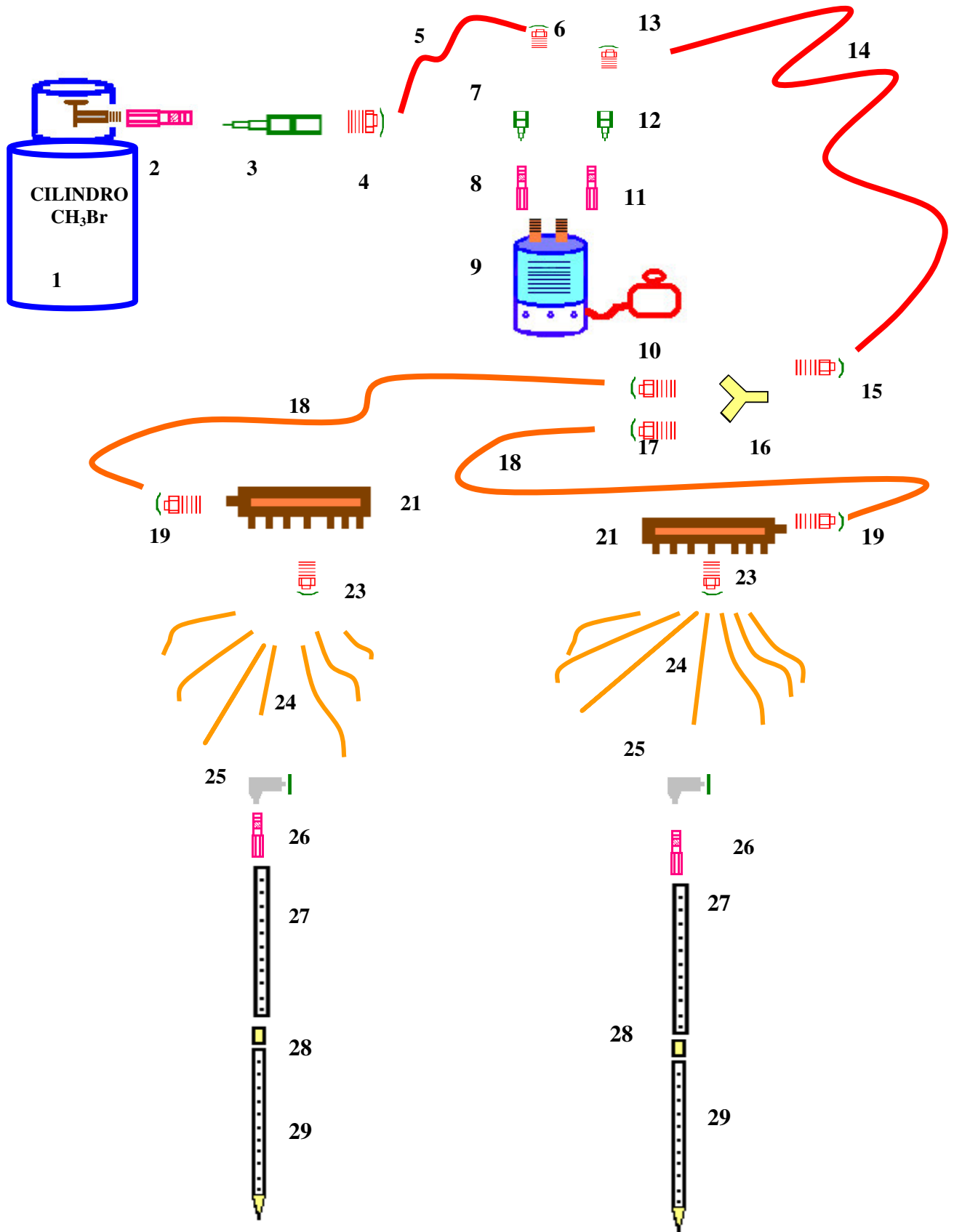


Tabla 12. Lista de materiales para la construcción de la red de fumigación simple para un cilindro de bromuro de metilo.

| No. DE SECUENCIA | EQUIPO | OBSERVACIONES | CANTIDAD POR BODEGA |
|------------------|---|------------------------------|---------------------|
| 1 | CILINDRO DE BROMURO | llenos a 90.72 kg/cilindro | 3 A 7 CILINDROS |
| 2 | CONEXIÓN RAPIDA HEMBRA ½" | conecta a cilindro | 1 |
| 3 | CONEXIÓN RAPIDA MACHO ½" | conecta a pieza macho | 1 |
| 4 | CONEXIÓN PRESTOLOCK ½" | se une a conexión rápida | 1 |
| 5 | MANGUERA POLIFLO ½" | de 15 a 20 m. | 1 |
| 6 | CONEXIÓN PRESTOLOCK ½" | une manguera a evaporador | 1 |
| 7 | CONEXIÓN RAPIDA MACHO ½" | para evaporador | 1 |
| 8 | CONEXIÓN RAPIDA HEMBRA ½" | para evaporador | 1 |
| 9 | EVAPORADOR | | 1 |
| 10 | TANQUE DE GAS BUTANO | para evaporador | 1 |
| 11 | CONEXIÓN RAPIDA HEMBRA ½" | | 1 |
| 12 | CONEXIÓN RAPIDA MACHO ½" | - | 1 |
| 13 | CONEXIÓN PRESTOLOCK ½" | - | 1 |
| 14 | MANGUERA POLIFLO ½" | de 15 a 20 m | 1 |
| 15 | CONEXIÓN PRESTOLOCK ½" | - | 1 |
| 16 | CONEXIÓN EN Y DE ½" | - | 1 |
| 17 | CONEXIÓN PRESTOLOCK ½" | - | 2 |
| 18 | MANGUERA POLIFLO ½" | - | 2 |
| 19 | CONEXIÓN PRESTOLOCK ½" | - | 2 |
| 20 | NIPLE HEXAGONAL ½" / ½" | para manifull | 2 |
| 21 | MANIFULL | con 7 salidas ¾" | 2 |
| 22 | COPLE DE 3/8" | 7 por cada manifull | 14 |
| 23 | CONEXIÓN PRESTOLOCK 3/8" | 7 por cada manifull | 14 |
| 24 | MANGUERA POLIFLO 3/8" | 7 por cada manifull | 14 |
| 25 | CONEXIÓN RAP. MACHO EN CODO PRESTOLOCK 3/8" | 7 por cada manifull | 14 |
| 26 | CONEXIÓN RAP. HEMBRA DE 3/8" | 7 por cada manifull | 14 |
| 27 | SONDAS O TUBOS INYECTORES 3/8" | 7 por cada manifull (3m c/u) | 14 |
| 28 | COPLE DE 3/8" | 7 por cada manifull | 14 |
| 29 | SONDA O TUBO INYECTOR 3/8" | 7 por cada manifull (3m c/u) | 14 |

4.6.3.3. Inyección del Bromuro de Metilo.

Es conveniente indicar o recordar que existen principalmente tres métodos de aplicar el bromuro de metilo a saber: por gravedad, por circulación forzada y por recirculación. El segundo y el tercero requieren de sistemas de aireación.

Debido a que en general los barcos no cuentan con sistemas de aireación, se aplica el método por gravedad, aprovechando la propiedad del bromuro de metilo y otros fumigantes más pesados que el aire.

En esta etapa de la fumigación se colocan los 14 inyectores (por cada bodega) de 3 y/o 6 m de longitud, según la profundidad del granel, con la ayuda del maneral (Fig. 5). El tiempo de colocación de las sondas inyectoras y la red de fumigación es crucial en la eficiencia de la aplicación del bromuro de metilo, por lo que se forman dos equipos de dos técnicos, cada uno se ocupa de una bodega y se van alternando hasta terminar las 6 ó 7 bodegas, checando simultáneamente que todas las conexiones queden correctas, desde el manifull hasta la sonda inyectora.

Los dos técnicos que se encargan de la hermetización checan la conexión del cilindro de bromuro al manifull e inician la inyección del bromuro, con los equipos de protección y proceden a abrir los cilindros previamente colocados por cada bodega de acuerdo a la cantidad total calculada en base a la dosis de aplicación.

Cuando terminan de inyectar el bromuro de inmediato le solicitan al primer oficial del barco el cierre de la bodega y se anota en el formato la fecha y hora de inicio de la fumigación.

4.6.3.4. Hermetización.

Derivado de la división del trabajo dos técnicos inspeccionan las bodegas del barco, sobre todo en la cubierta para sellar todos los orificios, escotillas, etc. Generalmente los barcos graneleros e incluso de otro tipo cuentan con bodegas con dispositivos de hermetización.

La correcta hermetización de las bodegas permite obtener la concentración óptima del fumigante, evitando que se disipe al exterior, ya que si existen fugas, no se alcanzara la concentración en el tiempo requerido, además del peligro que representan concentraciones mayores a 20 ppm (0.08g/m^3 o $0.08\text{ oz./1000 ft}^3$). Este es el límite de seguridad máximo para una exposición diaria de 8 hrs. Sugerido por la Conferencia de Higienistas Industriales de los Estados Unidos (AGGIH, 1981).

Después del cierre automático de las bodegas se realiza una inspección mediante un detector de haluros, donde el color de la flama indicará la concentración del bromuro de metilo en g/m^3 o ppm. Este detector puede revelar con eficacia hasta 17 ppm (Monro 1970)²⁷. En caso de existir fugas se realiza el sellado de todos los orificios existentes con cinta adhesiva de 4 pulgadas de ancho.

4.6.3.5. Tiempo de Exposición.

A partir de la hora del cierre de la bodega inicia el tiempo de exposición de cada una de las bodegas, el tiempo varía entre 12 y 24 horas, esto depende de la dosis aplicada, procedencia del producto fumigado, tipo de infestación y la temperatura que predomina en el ambiente y el grano.

Debido a que el bromuro de metilo ejerce su efecto tóxico en los insectos sobre el sistema nervioso y se absorbe mediante la respiración, la aparición de los síntomas de envenenamiento puede variar y no se puede llegar a conclusiones definitivas en cuanto al éxito de un tratamiento hasta pasadas por lo menos 24 horas.

4.6.3.6. Etapa de post-fumigación.

Medición de la concentración.

Inmediatamente después de cumplido el tiempo de exposición se abren las puertas de las bodegas del barco y se mide la concentración del fumigante, utilizando el analizador de conductividad térmica (Fumiscopio) o una bomba de muestreo y tubos detectores (dragüer, Gastec, Kwik Draw o Kitagawa) graduados para diferentes concentraciones.

El residuo que se origina de una fumigación con bromuro de metilo y llega a permanecer en los productos no puede ser diferenciado del bromo que se origina de otras fuentes, debido a esto el Comité de la FAO/OMS en 1992 fijó el límite de 50 mg/kg de residuos de bromuro en alimentos crudos.

Tiempo de aireación.

La ventilación natural o forzada se utiliza para eliminar el posible residuo del fumigante, antes de su descarga para distribución o consumo del grano.

Cuando se utiliza la ventilación natural deben esperarse como mínimo 12 hrs., dependiendo de la concentración detectada con los equipos de medición.

En la ventilación forzada se utilizan motoventiladores axiales o centrífugos, conectados a ductos corrugados y perforados de PVC que facilitan el trabajo, moviendo grandes flujos de aire. El tiempo de aireación oscila entre 1 y 2 horas, dependiendo de la concentración detectada con los equipos de medición.

4.7. Elaboración del Certificado Fitosanitario Internacional, de Tratamiento Cuarentenario y entrega al cliente.

Con fundamento a la Ley Federal de Sanidad Vegetal, y Norma Oficial Mexicana correspondiente al producto (Cereales, frutas, especias, etc.) indica que debe elaborarse el Certificado Fitosanitario de Tratamiento Cuarentenario, por cada unidad de transporte, vía marítima o terrestre, donde se indique que recibió el tratamiento fitosanitario de acuerdo a los procedimientos establecidos.

La empresa fumigadora es quien a través del profesional fitosanitario, elabora y entrega al cliente el original el Certificado (formato TC-04.) y una copia fiel a la Dirección General de Sanidad Vegetal el cual incluye Fecha y lugar del tratamiento; nombre y domicilio del solicitante (Cliente), nombre del producto, cantidad, unidad de medida, uso, origen, destino, medio de transporte e identificación (Nombre del barco o No. tolva de ferrocarril); tratamiento aplicado, tipo de embalaje y marcas distintivas, lugar de tratamiento, tipo de tratamiento, plaguicida e ingrediente activo), dosis, tiempo de exposición y temperatura, fecha de aplicación y nombre del punto de control; nombre y firma del profesional fitosanitario, número de cédula de aprobación o autorización y su vigencia.

4.8. Elaboración de informes mensuales de tratamientos cuarentenarios efectuados en el punto de control.

Derivado de los servicios efectuados por parte de la empresa fumigadora, la DGSV solicita el envío de reportes mensuales avalados por el Profesional Fitosanitario Aprobado y el sello de la empresa. Este reporte se elabora en el formato TC-03 (Reporte tratamientos cuarentenarios fitosanitarios) el cual incluye: la razón social, RFC, periodo del reporte, teléfono y/o fax y el nombre del punto de Control.

Además, de la información anterior se anotan los siguientes datos: Nombre del producto o subproducto; procedencia; tipo de transporte; volumen (ton y m³); tipo de tratamiento; producto químico utilizado y número de Certificado de Tratamiento Cuarentenario Fitosanitario.

5. Resultados obtenidos

Con fecha 30 de Agosto 2000 la Dirección General de Sanidad Vegetal, entregó a la empresa, el Certificado de Cumplimiento de la NOM 022-FITO-1995 (Formato TC-02) folio Num. Yuc-002/00 el cual autoriza a Almacenadora Sur, S.A. de C.V., ubicada en Mérida, Yuc., como prestador de servicios de tratamientos cuarentenarios, cuya vigencia es por 6 meses, las subsecuentes verificaciones del cumplimiento de la citada NOM, se llevaron a cabo por la Comisión de Sanidad Agropecuaria, Delegación Estatal de la SAGAR de Yucatán.

En el periodo Octubre-Diciembre 2000 inició el servicio de tratamientos cuarentenarios fitosanitarios en el Punto de control de Progreso, Yuc. En este lapso se fumigaron con bromuro de metilo 23,262 m³ (100% del volumen) de trigo de importación, a bordo de barcazas, a una dosis promedio de 80 g/m³.

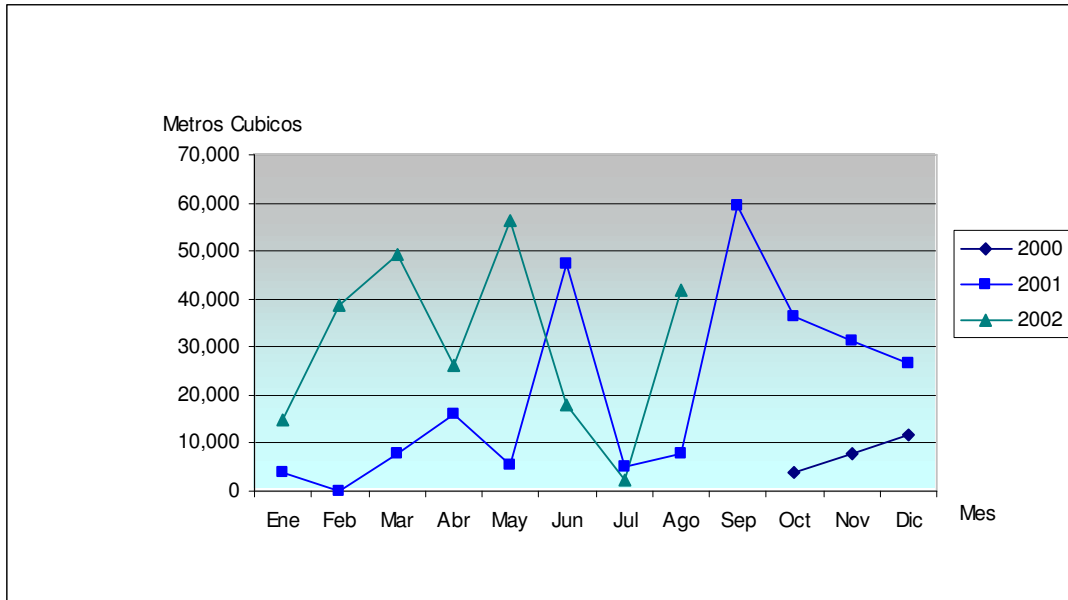
En el año 2001 se fumigaron, con bromuro de metilo, en total 247,188 m³ de diferentes productos agrícolas y no agrícolas de los cuales 220,940 m³ (89%) fue en barcos, barcazas y contenedores y 26,248 m³ (11%) en instalaciones tales como molinos de trigo o bodegas. Las dosis aplicadas fueron de acuerdo al tipo de producto, instalaciones o tipo de transporte. La aplicación del CH₃Br fue empleando la red de fumigación diseñada (Fig. 3 y 6) y adaptada para cada situación en particular.

En este mismo año se fumigaron, con fosfuro de hidrógeno, 53,068 m³ entre maíz y arroz palay (7,567 m³ y 45,501 m³ respectivamente) en bodegas. La dosis de aplicación fue en promedio 2.89 tabletas de fosfuro de aluminio por m³ (equivalente a 4 Tab. /Ton). Para la aplicación del fosfuro de aluminio en presentación de tabletas, se utilizó una sonda que consiste en un tubo que tiene en el extremo inferior una tapa con una bisagra, que cuando se introduce en el granel se cierra y permite introducir las tabletas en el extremo superior. El segundo paso a seguir es retirar lentamente la sonda hacia arriba lo cual permite que la compuerta inferior se abra distribuyendo las tabletas en el granel.

En el periodo Enero-Agosto 2002 se fumigaron, con bromuro de metilo, 247,565 m³ diferentes productos de origen agrícola y no agrícola en barcazas, barcos y contenedores. Las dosis aplicadas fueron de acuerdo al tipo de producto, instalaciones o tipo de transporte. Por otra parte también se fumigaron 17,942 m³ de maíz, con fosfuro de hidrógeno en bodegas. La dosis de aplicación fue en promedio 2.88 tabletas de fosfuro de aluminio por m³ (equivalente a 4 Tab. /Ton).

En forma condensada es indiscutible el incremento en los volúmenes fumigados considerando que a partir de Octubre 2000 dio inicio el servicio de tratamientos cuarentenarios y para agosto del 2002 se expresa un avance exitoso para Almacenadora Sur, S.A de C.V. (Grafica 10) destacando el año 2002 que rebasó las expectativas del año 2001.

Con la idea de destacar el periodo Octubre-Diciembre 2000 contra el mismo periodo del año 2001, se observó también que se incremento 6.6 veces más y para el período Enero-Agosto 2001 contra el mismo período del año 2002, se observó que se incrementó 2.6 veces más.

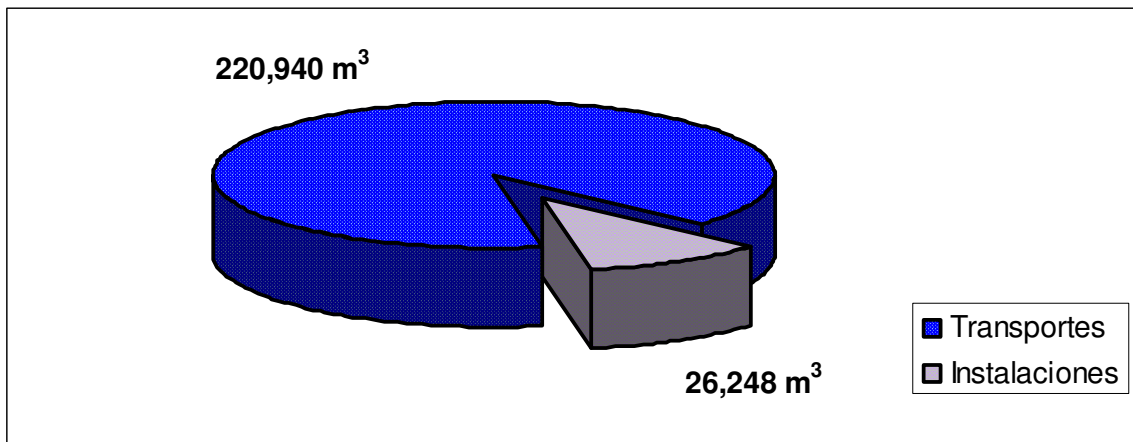


Grafica 10. Volúmenes fumigados con bromuro de metilo en Puerto Progreso, Yuc. En los años 2000, 2001 y 2002

En la tabla 13, se expresan los datos que nos permitieron observar que el promedio mensual 2000 corresponde a 7,754 m³, para el 2001 de 20,599 m³ y para el 2002 de 30,945 m³.

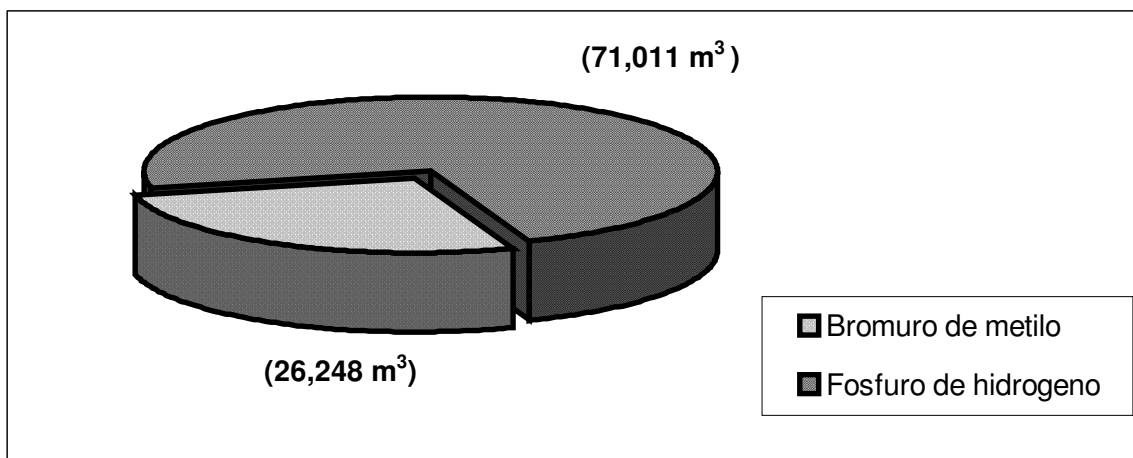
| 2000 | | 2001 | | 2002 | |
|--------------|----------------|--------------|----------------|--------------|----------------|
| Mes | m ³ | Mes | m ³ | Mes | m ³ |
| Enero | 0 | Enero | 4.097 | Enero | 14.852 |
| Febrero | 0 | Febrero | 0 | Febrero | 38.574 |
| Marzo | 0 | Marzo | 7.858 | Marzo | 49.201 |
| Abril | 0 | Abril | 15.892 | Abril | 26.336 |
| Mayo | 0 | Mayo | 5.422 | Mayo | 56.480 |
| Junio | 0 | Junio | 47.503 | Junio | 18.093 |
| Julio | 0 | Julio | 5.271 | Julio | 2.234 |
| Agosto | 0 | Agosto | 7.720 | Agosto | 41.793 |
| Septiembre | 0 | Septiembre | 59.281 | Septiembre | |
| Octubre | 3.877 | Octubre | 36.414 | Octubre | |
| Noviembre | 7.754 | Noviembre | 31.299 | Noviembre | |
| Diciembre | 11.631 | Diciembre | 26.431 | Diciembre | |
| TOTAL | 23.262 | TOTAL | 247.188 | TOTAL | 247.564 |

En el año 2000 se fumigó trigo con bromuro de metilo a bordo de barcos y barcasas 23,262 m³ (100%) y en el año 2001 también fué usado principalmente en los transportes (Grafica 11), contenedores, barcos y barcasas (220,940 m³ equivalente al 89%), debido a que se requiere la pronta fumigación, con tiempo de exposición de 24 hrs. En cambio en las instalaciones como no es apremiante la rápida fumigación tan solo se fumigó el 11%, es decir 26,248 m³.



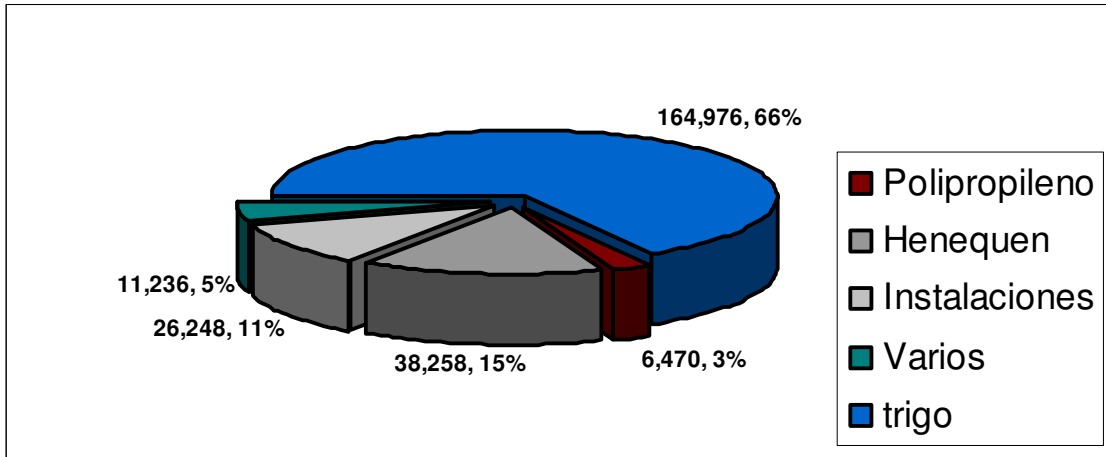
Gráfica 11. Volúmenes fumigados con bromuro de metilo en el año 2001 el Puerto Progreso, Yuc.

Por otra parte en cuanto al tipo de fumigante, el fosforo de hidrogeno, proveniente de la hidrólisis del fosforo de aluminio fué más utilizado en instalaciones debido a que su liberación es lenta y no se requiere disponer del grano con prontitud. El tiempo de exposición es de 5-7 días. El volumen fumigado con Fosforo de Aluminio corresponde a 53,068 m³ del año 2001 y 17,942 m³ del año 2002 (Gráfica 12).

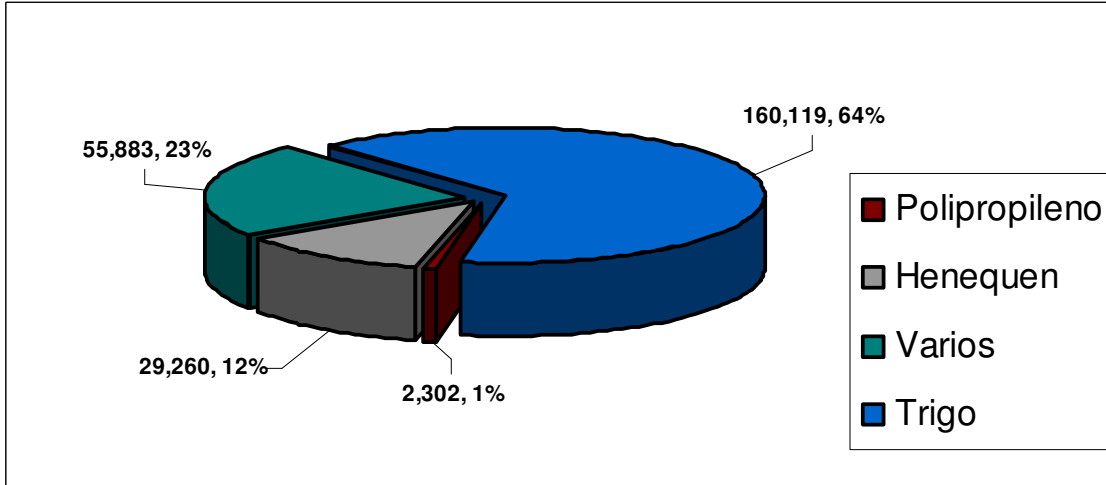


Gráfica 12. Volúmenes fumigados (m³) con bromuro de metilo y fosforo de hidrógeno en Puerto Progreso, Yuc. (periodo 2001-2002),

En las Gráficas 13 y 14 aparecen los diferentes productos fumigados con Bromuro de Metilo en los años, 2001 y 2002 en los cuales el volumen de trigo (m³), importado de Estados Unidos, fue el producto que más se fumigó, en este punto de control, seguido de mercancías diversas y el henequén. Incluyendo también las instalaciones en Mérida, Yuc. que contenían trigo.



Gráfica 13. Volúmenes de productos fumigados (m3) con bromuro de metilo basándose en el producto (Ene-Dic 2001)



Gráfica 14. Volúmenes de productos fumigados (m3) con bromuro de metilo con base al producto (Ene-Dic 2002).

Los resultados obtenidos rebasaron las expectativas porque se diversificaron e incrementaron los productos fumigados tales como: maíz, trigo, arroz, semillas oleaginosas (incluidas en otros granos y alimentos), polipropileno, cuerda nylon, henequén, cuerda de henequén, duelas y removedores de madera, refacciones eléctricas, pisos de cemento, a bordo de transportes, instalaciones de molinos y bodegas.

Por último En la Tabla 14 se indican en detalle los productos que se fumigaron con el propósito de destacar los Kg. de Bromuro de Metilo y las dosis utilizadas volúmenes expresadas en g/m^3 .

Tabla 14.-Productos fumigados con bromuro de metilo y dosis de aplicación en transportes e instalaciones Punto de Control: Puerto Progreso, Yuc. En el periodo 2000- 2002.

| Producto | Octubre-Diciembre 2000 Bromuro de | | |
|----------|--------------------------------------|----------|------------------|
| | Volumen | Metilo | Dosis |
| | m ³ | Kg. | g/m ³ |
| Trigo | 23,262 | 1861.780 | 80 |

| Producto | Enero- Diciembre 2001 Bromuro de | | |
|---|-------------------------------------|-------------------|------------------|
| | Volumen | Metilo | Dosis |
| | m ³ | Kg. | g/m ³ |
| Polipropileno y cuerda nylon | 6,470 | 612.100 | 95 |
| Henequén y cuerda de henequén | 37,360 | 1531.716 | 41 |
| Duelas y removedores de madera | 897 | 89.740 | 100 |
| Instalaciones (molinos y bodegas) | 26,248 | 787.440 | 30 |
| Varios (refacciones eléctricas, pisos de cemento) | 11,236 | 1036.326 | 92 |
| Trigo | 164,535 | 12761.570 | 77 |
| Otros granos y alimentos | 441 | 25.760 | 58 |
| Total | 247,188 | 16,844.652 | |

| Producto | Enero- Agosto 2002 Bromuro de | | |
|-------------------------------|----------------------------------|-------------------|------------------|
| | Volumen | Metilo | Dosis |
| | m ³ | Kg. | g/m ³ |
| Polipropileno y cuerda nylon | 2,302 | 230.080 | 100 |
| Henequén y cuerda de henequén | 29,260 | 1,408.620 | 48 |
| Varios | 55,883 | 4,572.880 | 82 |
| Trigo | 159,745 | 12,895.816 | 81 |
| Otros granos y alimentos | 375 | 15.044 | 40 |
| Total | 247,565 | 19,122.440 | |

6. Discusión.

Hasta la fecha el principal fumigante utilizado para tratamientos cuarentenarios fitosanitarios en nuestro país es el bromuro de metilo. De forma global el 87.4% del volumen fumigado en Puerto Progreso, Yuc., fué realizado con Br CH₃. Consumiendo en total 37,829 Kg. En el periodo Octubre 2000 a Agosto 2002. Esto debido a sus características físico-químicas y toxicas, su gran efectividad, no es flamable o explosivo, así también por su bajo costo y la rapidez con la que se hace el tratamiento en los barcos, pero sobre todo el periodo de exposición del fumigante de 12 a 24 horas, ya que se requiere la pronta descarga de la mercancía cuando se trata de importaciones, debido al alto costo que representa la estadía de los barcos en el puerto de destino.

En un análisis comparativo del periodo Octubre–Diciembre 2000 (contra el mismo periodo de 2001) se observó un incremento con relación al trigo del 272% y del 393% con relación a los volúmenes totales fumigados, derivado de la diversidad de productos y clientes.

Así también comparando el periodo entre Enero-Agosto de los años (2001 / 2002) se observa un incremento en el trigo del 226% y del 264% respecto a los volúmenes totales fumigados. Siendo más representativo este periodo se confirma que el éxito obtenido se deriva de la diversidad de productos y clientes, pero adicionalmente a la calidad y eficiencia de los servicios ofrecidos.

Relativo a las dosis de aplicación del bromuro de metilo, fueron de acuerdo a las indicaciones del personal de la SAGARPA-OISA En todos los casos se aplicaron con carácter preventivo, debido a que no se detectaron insectos de importancia económica o cuarentenaria.

En el caso del trigo, procedente de Estados Unidos de América, se aplicó una dosis de 77 a 81 g/m³ (NOM-005-FITO-1995, NOM-017-FITO-1995 y NOM-028-FITO-1995), debido a que la fumigación tiene el doble propósito de prevenir la introducción plagas cuarentenarias: tales como *Trogoderma granarium* (gorgojo khapra) y hongos de campo de las especies *Tilletia indica* (Carbón parcial del trigo), *Tilletia controversa* (caries enana del trigo), *Pseudomonas siringae* (podredumbre basal de la gluma) y *Anguina tritici* (nemátodo agallador de la espiga). Por otra parte estas dosis aplicadas al trigo son recomendadas por otras fuentes como correctivas (Cotton⁶, Monro²⁷, EPPO⁴⁶), es decir cuando se detecta el gorgojo “khapra”.

Un aspecto sobresaliente es la dosis de 144 g de CH₃ Br/m³ indicada en la NOM-005-FITO-1995 y la NOM-028-FITO-1995, cuando la temperatura del producto se encuentra en el rango 4.6°C a 9°C (ver tabla 11 pagina 59). Sin embargo a éstas temperaturas no se recomienda la fumigación, debido a que los insectos son afectados en su reproducción y desarrollo (Anexo 9.4) e incluso es utilizada como una forma de control físico, así también, se cita por Monro²⁷ y EPPO⁴⁶ que aumenta la adsorción del producto, sobre todo en pastas de oleaginosas y harinas de cereales, con el riesgo de dañarlo o contaminarlo con residuos de bromuro, en razón de que a ésta temperatura disminuye la difusión del fumigante y más bien tiende a condensarse en la masa del grano. Afortunadamente esta dosis nunca se

aplicaron. Es recomendable e incluso necesario que sean revisadas las dosis de aplicación a las diferentes temperaturas, ya que comparando con Monro²⁷ señala que para el caso de fumigar con Br CH₃ deben duplicarse las dosis para todas las especies de *Trogoderma* (incluyendo *T.granarium*) y para *Tenebroides mauritanicus*. Pero también indica que es desaconsejable fumigar cuando la temperatura del cereal sea inferior a 10 °C, ya que no existen reportes sobre la resistencia del gorgojo “khapra” a temperaturas inferiores a ésta. Por otra parte cuando el grano presenta esa temperatura es lógico que habrá condensación con el inminente riesgo de contaminación de residuos por adsorción y absorción del bromuro.

| Temperatura | Factor | Almacenamiento Vertical. | Almacenamiento Horizontal. | <i>Trogoderma sp.</i> |
|---------------|--------|--------------------------|----------------------------|---------------------------|
| 10° C a 15° C | 1.50 | 40g/m ³ | 50g/m ³ | 100g/m³ |
| 16° C a 20° C | 1.25 | 32g/m ³ | 40g/m ³ | 80g/m³ |
| 24° C a 25° C | 0.75 | 20g/m ³ | 24g/m ³ | 48g/m³ |

Otro aspecto relevante es el calculo para la dosis de aplicación del Br CH₃, de acuerdo a la referencia European Plant Protection Organization (EPPO)⁴⁶ se aplica la fórmula $D = SV + MW$; Donde D = la dosis en gramos, S = dosis del espacio ocupada por el granel en g/m³, V = volumen de espacio vacío en m³, M = dosis de la mercancía en g/Ton. y W = peso de la mercancía en Ton. No obstante, en la práctica se utiliza únicamente el volumen total de cada bodega del barco, inclusive cuando están parcialmente llenas, lo que incrementa la cantidad de bromuro utilizado y el costo de la fumigación. Esto hace imponderable la necesidad de revisar en conjunto con autoridades de la SAGARPA-OISA, el correcto calculo de la dosis, ya que es incorrecto utilizar el dato del volumen total de la bodega.

La EPPO⁴⁶ indica una dosis de bromuro de metilo en el control de *T. granarium* para trigo a una temperatura de 10 a 20 °C: de 25 g/m³ para el espacio vacío y 40 g/Ton, para la mercancía, equivalente a 52 g/m³. También indica que a una temperatura arriba de 20 °C: la dosis es de 15 g/m³ para el espacio vacío y 30 g/Ton para la mercancía, equivalente a 40 g/m³ En ambos rangos de temperatura el tiempo de exposición es de 24 hrs.

En el caso del henequén, procedente de Brasil, las dosis aplicada de 41 a 48 g/m³ es acorde con Monro²⁷ que indica ésta dosis para sacos permeables, que es lo que más se aproxima al henequén, 40 g/m³ a una temperatura de 15-20°C con una exposición de 16 a 24 hrs. Y 48 g/m³ a una temperatura de 10-14°C de 16 a 24 hrs.

En el caso de las duelas de madera y removedores de madera la dosis aplicada de 100 g/m³, probablemente sea excesiva, ya que Monro²⁷ cita que la dosis de CH₃ Br es de 32 g/ m³. para el control de taladros y avispas en madera cortada longitudinalmente.

Otra dosis que considero excesiva es la aplicada a la cuerda de polipropileno y

cuerda nylon, la cual fue de 95 a 100 g/m³, sin embargo en la literatura consultada no reportan dosis recomendadas por lo que es conveniente revisar otras fuentes de información para discutir este punto. Pienso que es excesiva porque en estas mercancías el fumigante actúa en el embalaje y espacio vacío, además de que los posibles insectos de importancia cuarentenera no atacan al polietileno y nylon. Por tal motivo sugiero una dosis máxima de 50 g/ m³ con carácter preventivo.

Aún cuando las dosis indicadas por la SAGARPA-OISA son obligatorias para las empresas de tratamientos cuarentenarios, éstas incrementan el costo de la fumigación y también aumentan la cantidad de CH₃ Br en la atmósfera, por lo que es de suma importancia la revisión de las dosis de aplicación en nuestro país, para contribuir a la reducción del uso de éste fumigante aún cuando esta permitido y no esperar hasta el año 2015, que por ley dejará de usarse en base al protocolo de Montreal.

Con relación al fumigante fosfuro de hidrogeno o fosfina, generado a partir al fosfuro de aluminio (Al P), utilizado para tratamientos fitosanitarios de arroz y maíz en instalaciones como bodegas y silos en Mérida, Yuc., correspondió el 12.6% del volumen total fumigado. Esto se debe a que el tiempo de exposición de 3 a 7 días no es un factor crítico y se pueden programar las fumigaciones sin problema alguno.

Posiblemente la mejor opción para sustituir al bromuro de metilo sea la fosfina generada a partir del fosfuro de magnesio, para la fumigación de granos de importación y otros productos agrícolas, ya que el tiempo de exposición es de 36 a 48 hrs. Sin embargo su uso no se ha generalizado debido a que requiere mayor tiempo de exposición con relación a bromuro que es de 12 a 24 hrs y la estadía de los barcos sería el principal problema que seguramente deberá superarse a través de la SCT, SAGARPA y compañías importadoras de granos y otros productos agrícolas.

Por otra parte, existen otras opciones para la sustitución del bromuro de metilo que pueden ponerse a prueba en nuestro país, tales como: Tratamiento con calor, donde las mercancías son calentadas a temperaturas de 50 a 70°C durante un minuto; Irradiación de granos mediante Co-60 ó Cs 137, probado por ANDSA y el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ) en los años 60's. No obstante en aquellos tiempos era incosteable, comparado con los métodos de fumigación y aplicación de insecticidas. Actualmente es seguro que no han cambiado los altos costos, pero existe la necesidad de sustituir el bromuro de metilo. Igualmente es posible utilizar los insecticidas botánicos como las piretrinas o insecticidas sintéticos, como organofosforados y piretroides, autorizados por la CICOPAFEST para aplicación directa al grano, debido a que tienen capacidad residual y su acción letal se prolonga por un tiempo determinado, dependiendo del tipo y calidad del insecticida, de igual forma la dosis de aplicación, incluyendo además de manera muy importante las condiciones ambientales y del grano, principalmente la humedad y la temperatura. Uno de los posibles inconvenientes sería el alto costo económico.

Considerando la producción nacional de granos, así como a otros alimentos tales

como lácteos y cárnicos, es necesario que se le dé atención inmediata a la autosuficiencia alimentaria, pero al mismo tiempo a la modernización de la tecnología para evitar al máximo las mermas que se producen como consecuencia de la insuficiente aplicación de las técnicas de almacenamiento y conservación de las cosechas, situación que provoca la proliferación de plagas, tales como insectos, hongos, aves y roedores. En el caso que nos ocupa, el eficiente control de insectos representaría la disponibilidad de granos en un 5% para aquellos almacenamientos en sitios en donde el control puede considerarse aceptable y en un 30% donde el almacenamiento se efectúa en condiciones deficientes.

7. Conclusiones.

Se logro establecer una empresa de tratamientos cuarentenarios fitosanitarios dentro de ALSUR S.A. de C.V. en el puerto de Progreso Yuc. , obteniéndose la autorización por parte de la Dirección General de Sanidad Vegetal SAGARPA. Los servicios de fumigación resultaron exitosos, rebasando las expectativas, derivado seguramente de eficiencia en los tratamientos, gracias en gran parte a la capacitación y adiestramiento del personal técnico que participo directamente y así mismo al sistema de distribución de bromuro de metilo diseñado y construido para realizar el trabajo en forma efectiva, segura, rápida y a prueba de fugas.

Indudablemente gracias a la literatura consultada se enriqueció el conocimiento de las bases técnicas y científicas para el desarrollo de esta tesis, pero también gracias a mi formación profesional en la carrera de biología me permitió llevar a cabo el establecimiento de la empresa, derivado a que en mi historia académica se puede constatar que curse la materia optativa de Entomología, además de estudiar Zoología de los Invertebrados en el cuarto semestre. Estos conocimientos me permitieron profundizar en el tema de las plagas de insectos de granos almacenados y por otra parte las materias de Física, Química, Fisicoquímica y Bioquímica me sirvieron de base en la comprensión de los diferentes métodos de control.

Considero importante que seria aconsejable incorporar en la carrera de biología alguna materia que aborde los elementos de la administración de empresas para facilitar o contribuir con las empresas de iniciativa privada o inclusive con la Secretaria de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural Pesca y Alimentación para vincular y desarrollar recursos humanos simultáneamente.

También de esta experiencia derivo en el conocimiento de los aspectos legales que establecen las medidas de protección fitosanitaria y las organizaciones internacionales que involucran a los diferentes países, por ejemplo la NAPO y la OISA en el caso de México.

Seguramente un aspecto fundamental para el control de insectos lo constituyen las Normas Oficiales Mexicanas y su integro cumplimiento, ya que es prioritario el enfoque de la sanidad e inocuidad alimentaría en el contexto de las plagas que dañan y contaminan los diferentes productos agrícolas, los insecticidas utilizados, así como también los métodos y procedimientos empleados.

En razón de lo anterior existe un área de oportunidad para biólogos y entomólogos para contribuir de manera sobresaliente en la elaboración de las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) del sector agrícola, inclusive en las Normas Mexicanas (NMX), que como observamos requieren mayor participación.

Con relación a los plaguicidas y en particular a los fumigantes es impostergable la investigación aplicada a problemas específicos como el caso del bromuro de metilo. Sin embargo es de gran trascendencia encontrar el fumigante, insecticida o método que lo pueda sustituir, para evitar cuanto antes la afectación de la capa de ozono, en cualquier proporción.

8. Literatura citada.

1. Agrevo Mexicana S. A de C. V. 1998. Deltametrina insecticida piretroide de amplio espectro. Boletín Técnico México D.F. 35 pp.
2. ANDSA. 1990. Folleto Técnico en Conservación de Granos. México D.F. 42 pp.
3. ANDSA 1978. Manual de procedimientos de muestreo y análisis de granos y semillas. Insectos de granos almacenados. México D. F. 22-40 p.
4. Borror, D. J. 1981. Introduction to study of insects. Philadelphia, Pa. Saunders Collage. USA. 928 pp.
5. CICOPLAFEST. 1996. Catálogo oficial de plaguicidas. México D. F. 483 pp.
6. Cotton R. T. 1979. Silos y Graneros. Plagas y Desinfectación. Ed. Oikos-tau S.A. Barcelona, España. 328 pp.
7. CONASUPO.1985. Compilación de normas para granos. México, D.F. 78 pp
8. Cremlyn. R. 1982, Plaguicidas Modernos y su acción bioquímica. Ed. Limusa. México D.F. 356 pp.
9. Dell'orto, T.H. y Arias, V.C 1985. Insectos que dañan granos y productos almacenados. Serie: Tecnología de Poscosecha. Oficina Reg. de la FAO para América Latina y el Caribe. Chile.142 p.
10. El Colegio de Michoacán y ANDSA.1987. Almacenamiento de productos agropecuarios en México. Ed. Gráfica Nueva. Guadalajara, Jalisco México. 28-44p
11. Flores, V. M. 1977. Distribución de los Insectos de Almacén en México. Memorias del Congreso Nacional de Fitopatología. México D.F. 75 p.
12. <ftp://ftp.rolac.unep.mx/library/ozono/soporte2.pdf>.
13. FAO/OMS. 1992. Tolerancias internacionales recomendadas para los residuos de plaguicidas. Comisión del *Codex Alimentarius*. Roma, Italia 21pp
14. Gutiérrez D. L. J. y R.J. Sánchez. 1989. Primer Simposio. Problemas entomológicos de granos almacenados. XXIV Congreso Nacional de Entomología. 57-90 p.
15. Gutiérrez. R. J. M. 1996. Curso para Profesionales Fitosanitarios. Normas Oficiales Mexicanas para la importación y exportación de productos agrícolas. SAGAR-DGSV. México D.F.
16. <http://www.jrc.e/iptsreort/vol24/spanish/ENV15246.html>
17. http://www.conam.cl/investigacion_info/temas_ambientales/ozono/ozono.html

18. <http://www.diatomid.com>
19. <http://www.apps1.fao.org.copyright.html>
20. <http://www.ers.usda.gov/>
21. http://www.inegi.gob.mx/estadistica/espa%F1ol/economia/biosa/bio_04/html.
22. Kingsolver. M. J. 1991. Desmestid beetles Sistematic Entomology Laboratory. USDA. Handbook No. 655 Washington, DC. USA. 115-134 p.
23. Lagunes T. A. 1982. Bolet%F3n T%E9cnico. Manejo de insecticidas piretroides. Colegio Postgraduados. Chapingo M%E9xico. 29 pp.
24. Labastida O. F. 1995. La transformaci%F3n del sector agropecuario mexicano y el cambio tecnol%F3gico. SAGAR. Campo Editorial. M%E9xico, D.F.
25. Mills R., Mac Gregor R. 1981. Insectos de granos almacenados ecolog%F3a y taxonomia. Memorias del curso de capacitaci%F3n sobre conservaci%F3n de granos y semillas. Kansas State University – UNAM. M%E9xico D.F.
26. Metcalf C. L. Flint, W.P. 1981. Insectos %F3tiles y destructivos sus costumbres y su control. ed. 4^a. Ed. CECSA. M%E9xico D. F. 1046-1066 p.
27. Monro. H. A. 1970. Manual de fumigaci%F3n contra insectos. FAO. Departamento de Agricultura de Canad%E1. London, Canad%E1. 365 pp.
28. MacGregor R. Guti%E9rrez O.1983. Gu%F3a de insectos nocivos para la agricultura en M%E9xico. Instituto de Biolog%F3a UNAM. M%E9xico D.F. 166 pp.
29. N.A.S. 1982. Control de plagas de plantas y animales. Manejo y control de plagas e insectos. Vol 3. Ed. Limusa. M%E9xico D.F. 522 pp.
30. OMS. OPS. 1986. Plaguicidas. La prevenci%F3n de riesgos en su uso. Manual de Adiestramiento. ed. 2^a. Centro Panamericano de Ecolog%F3a Humana y Salud. Metepec, Estado de M%E9xico. 203 pp.
31. Pfadt, E. Robert, Wilbur A. Donald y Mills B. Robert.1978. Fundamentals of applied entomology. ed.3^a. Ed. Mac Millan Publishing Co; Inc. New York USA. 573-603 p
32. Ponce, H. E.; Becerra H. 1994. Bolet%F3n T%E9cnico. Tratamientos con Fosforo de Aluminio y Magnesio. Bayer de M%E9xico S.A. de C. V. M%E9xico D. F. 57 pp.
33. PUAL, UNAM. 1995. Insectos de Granos Almacenados. Memorias del curso taller. M%E9xico, D. F. 70 pp.
34. Rajat M. J. 2000. Curso de capacitaci%F3n. Fumigaci%F3n de granos con Fosforo de Aluminio. United Fosforus Bangladesh India. M%E9xico D.F. 39 pp.

35. Ramayo R. L. 1977. Tecnología de granos y semillas. Tesis de Licenciatura. Departamento de Ingenierías Agrícolas UACH. Chapingo, Méx. 69-125 p.
36. Rivera H. A. 1994. Boletín técnico. Bromuro de Metilo. Fax de México S.A de C.V. México D.F. 35 pp.
37. Rodríguez N. S. 1994. Manual de diagnóstico e identificación del gorgojo "khapra". Serie Sanidad Vegetal SARH-IICA. México D.F. 75 pp.
38. SAGAR-DGSV. 2000. Manual de fumigación con fosfina. México D.F. 47 pp.
39. SECOFI, DGN.1996. Norma Mexicana NMX-FF-036-1996. Productos no industrializados para consumo humano-Cereales-Trigo (*Triticum aestivum* L y *triticum durum* Desf.). Especificaciones y métodos de prueba. México D. F. 20 pp.
40. SECOFI, DGN.1994. Norma Mexicana NMX-FF-037-1994. Productos no insustrializados para consumo animal-Cereales-Sorgo (*Sorghum vulgare* L). Especificaciones y métodos de prueba. México D. F. 13 pp.
41. SECOFI, DGN. 1995. Norma Mexicana NMX-FF-038-1995. Productos alimenticios no industrializados para consumo humano-Leguminosas-Frijol (*Phaseolus vulgaris* L). Especificaciones y métodos de prueba. México D. F. 17 pp.
42. SECOFI, DGN. 2000. Norma Mexicana NMX-FF-059-SCFI-2000. Productos alimenticios no industrializados para consumo humano-Cereales-Arroz palay (*Oryza sativa* L). Especificaciones y métodos de prueba. México D. F. 16 pp.
43. SECOFI, DGN. Norma Mexicana NMX-FF-35-1982. Productos alimenticios no industrializados para consumo humano-Cereales-Arroz pulido (*Oryza sativa* L). Especificaciones y métodos de prueba. México D. F. 12 pp.
44. SECOFI, DGN. Norma Mexicana NMX-FF-034-SCFI-1995. Productos alimenticios no industrializados para consumo humano-Cereales-Maíz (*Zea mays* L). Especificaciones y métodos de prueba. México D. F. 12 pp.
45. SAGARPA-INIFAP. 1993. Insectos de granos almacenados. Biología, daños detección y combate. Celaya, Gto, Méx. 323 pp.
46. Thompson R. H. 1969. Pest Infestation Control Laboratory. Tolworth. Methyl Bromide Dosage Schedules. European Plant Protection Organization (EPPO) UK. 8pp.
47. Trueba L. J. L. 1992. Historia del almacenamiento de granos en México. Tomo I. Almacenes Nacionales de Depósito. México D.F. 147 pp.
48. Trueba L. J. L. 1992. Historia del almacenamiento de granos en México. Tomo II. Almacenes Nacionales de Depósito. México D.F. 204 pp.
49. Trueba L. J. L. 1992. Historia del almacenamiento de granos en México. Tomo III. Almacenes Nacionales de Depósito. México D.F. 143 pp.

50. Trueba L. J. L. 1992. Historia del almacenamiento de granos en México. Tomo IV. Almacenes Nacionales de Depósito. México D.F. 126 pp.
51. Trueba L. J. L. 1992. Historia del almacenamiento de granos en México. Tomo V. Almacenes Nacionales de Depósito. México D.F. 121 pp.
52. Trueba L. J. L. 1992. Historia del almacenamiento de granos en México. Tomo VI. Almacenes Nacionales de Depósito. México D.F. 416 pp.
53. Trueba L. J. L. 1992. Historia del almacenamiento de granos en México. Tomo VII. Almacenes Nacionales de Depósito. México D.F. 307 pp.
54. USDA 1978. Stored Grains Insects. Agricultural Research Service. Handbook #500. Washington, DC.USA. 57 pp.
55. USDA. 1980. Grain Inspection Hand Book. Book II. Federal Grain Inspect Service. Washington, DC. USA. 270 pp.
56. USDA. 1965. Plagas de granos almacenados. Boletín Agrícola. No.1260 Centro regional de ayuda técnica (CRAT). Agencia para el desarrollo internacional (AID) México D. F. 48 pp
57. Vademecum Agrícola. 2000. Agroquímicos y semillas. ed. 2ª Ed. Imprelibros. Cali, Colombia.193-359 p.

9. Anexos

9.1. Lista de Normas Oficiales Mexicanas NOM-FITO.

9.2. Lista de insectos de almacén.

9.3. Descripción de insectos de almacén.

9.4. Condiciones climáticas para el desarrollo y reproducción de insectos de almacén.

9.5. Ciclo de vida de insectos de almacén.

9.6. Lista de Normas Oficiales Mexicanas NOM-STPS.

ANEXO 9.1. Lista de Normas Oficiales Mexicanas FITO (NOM-FITO).

A. NORMAS OFICIALES MEXICANAS QUE ESTABLECEN CUARENTENA EXTERIOR.

| Clave | Titulo | Diario Oficial |
|-------------------|---|----------------|
| NOM-005-FITO-1995 | Por la que se establece la cuarentena exterior para prevenir la introducción del gorgojo “khapra” | 04-07-96 |
| NOM-010-FITO-1995 | Por la que se establece la cuarentena exterior para prevenir la introducción de plagas del plátano | 18-11-96 |
| NOM-011-FITO-1995 | Por la que se establece la cuarentena exterior para prevenir la introducción de plagas de los cítricos | 24-09-96 |
| NOM-012-FITO-1995 | Por la que se establece la cuarentena exterior para prevenir la introducción de plagas de la papa | 13-02-96 |
| NOM-013-FITO-1995 | Por la que se establece la cuarentena exterior para prevenir la introducción de plagas del arroz. | 02-12-96 |
| NOM-014-FITO-1995 | Por la que se establece la cuarentena exterior para prevenir la introducción de plagas del algodonero | 20-12-96 |
| NOM-015-FITO-1995 | Por la que se establece la cuarentena exterior para prevenir la introducción de plagas del cocotero | 22-04-97 |
| NOM-016-FITO-1995 | Por la que se establece la cuarentena exterior para prevenir la introducción de plagas de la caña de azúcar | 02-12-96 |
| NOM-017-FITO-1995 | Por la que se establece la cuarentena exterior para prevenir la introducción de plagas del trigo | 05-12-96 |
| NOM-018-FITO-1995 | Por la que se establece la cuarentena exterior para prevenir la introducción de plagas del maíz. | 10-12-96 |
| NOM-019-FITO-1995 | Por la que se establece la cuarentena exterior para prevenir la introducción de plagas del café. | 10-12-96 |

ANEXO 9.1. Lista de Normas Oficiales Mexicanas FITO (NOM-FITO).

B. NORMAS OFICIALES MEXICANAS QUE ESTABLECEN REQUISITOS SANITARIOS PARA LA IMPORTACIÓN.

| Clave | Título | Fecha de publicación |
|-------------------|---|---------------------------|
| NOM-006-FITO-96 | Por la que se establecen los requisitos mínimos aplicables a situaciones generales que deben cumplir los vegetales, sus productos y subproductos que se pretendan importar, cuando éstos no estén establecidos en una norma oficial específica. | 26-02-96 |
| NOM-007-FITO-1995 | Por la que se establecen los requisitos fitosanitarios y especificaciones para la importación de material vegetal propagativo. | Próxima a publicarse |
| NOM-008-FITO-1995 | Por la que se establecen los requisitos y especificaciones fitosanitarios para la importación de frutas y hortalizas frescas. | 08-07-96 |
| NOM-009-1995 | Por la que se establecen los requisitos y especificaciones fitosanitarios para la importación de flor cortada y follaje fresco. | 18-09-96 |
| NOM-028-FITO-1996 | Por la que se establecen los requisitos fitosanitarios y especificaciones para la importación de granos y semillas, excepto para siembra. | Próximamente a publicarse |
| NOM-029-FITO-1995 | Por la que se establecen los requisitos fitosanitarios y especificaciones para la importación de semillas para siembra | Próximamente a publicarse |
| NOM-044-FITO-1995 | Por la que se establecen los requisitos y especificaciones fitosanitarios para la importación de nueces, productos y subproductos vegetales procesados y deshidratados. | Próximamente a publicarse |

Anexo 9.2. Lista de los principales insectos que dañan a los granos y productos almacenados en México.^{25, 28}

| Prog. | Nombre Científico | Nombre común en español | Nombre común en inglés |
|-------|---|-------------------------------------|----------------------------|
| | Coleoptera Anobiidae: | | |
| 1 | <i>Lasioderma serricorne</i> (Fabricius) | Gorgojo del tabaco | Cigarette beetle |
| 2 | <i>Stegobium panecium</i> (Linneo) | Gorgojo de las galletas o del pan | Drugstore beetle |
| | Coleoptera Anthribidae: | | |
| 3 | <i>Araecerus fasciculatus</i> (De Gear) | Gorgojo de los granos de café | Coffe bean weevil |
| | Coleoptera Bostrichidae: | | |
| 4 | <i>Prostephanus truncatus</i> (Horn) | Barrenador grande de los granos | Larger grain borer |
| 5 | <i>Rhyzopertha dominica</i> (Fabricius) | Barrenillo de los granos | Lesser grain borer |
| | Coleoptera Bruchidae: | | |
| 6 | <i>Acanthocelides obtectus</i> (Say) | Gorgojo común o pardo del frijol | Bean weevil |
| 7 | <i>Callosobruchus chinensis</i> (Linneo) | Gorgojo chino de los granos | Chinese grain weevil |
| 8 | <i>Callosobruchus maculatus</i> (Fabricius) | Gorgojo manchado de los granos | Cowpea weevil |
| 9 | <i>Bruchus pisorum</i> (Linneo) | Gorgojo del chícharo | Pea weevil |
| 10 | <i>Bruchus rufimanus</i> (Boheman) | Gorgojo del haba | Broadbean weevil |
| 11 | <i>Zabrotes subfasciatus</i> (Boheman) | Gorgojo mexicano o pinto del frijol | Mexican bean weevil |
| | Coleoptera Cleridae | | |
| 12 | <i>Necrobia rufipes</i> (De Geer) | Gorgojo del tocino | Redlegged ham beetle |
| | Coleoptera Cucujidae: | | |
| 13 | <i>Ahsverus advena</i> (Waltl) | Gorgojo extranjero de los granos | Foreing grain beetle |
| 14 | <i>Cathartus quadricolis</i> (Guerin-Meneville) | Gorgojo de cuello cuadrado | Squarednecked grain beetle |
| 15 | <i>Cryptolestes pusillus</i> (Shoenherr) | Gorgojo plano de los granos | Flat grain beetle |
| 16 | <i>Oryzaephilus mercator</i> (Fauvel) | Gorgojo mercader de los granos | Merchant grain beetle |
| 17 | <i>Oryzaephilus surinamensis</i> (Linneo) | Gorgojo aserrado de los granos | Sawtoothed grain beetle |
| | Coleoptera Curculionidae: | | |
| 18 | <i>Caulophilus oryzae</i> (Gyllenhal) | Gorgojo de pico grueso | Broadnosed grain beetle |
| 19 | <i>Sitophilus granarius</i> (Linneo) | Gorgojo de los graneros | Granary weevil |
| 20 | <i>Sitophilus oryzae</i> (Linneo) | Gorgojo del arroz | Rice weevil |
| 21 | <i>Sitophilus zeamais</i> (Motschulsky) | Gorgojo del maíz | Maize weevil |
| | Coleoptera Dermestidae: | | |
| 22 | <i>Anthrenus verbasci</i> (Linneo) | Gorgojo de las alfombras | Varied carpet beetle |
| 23 | <i>Attagenus pellio</i> (Linneo) | Gorgojo peludo de manchas blancas | Felt beetle, Fur beetle |
| 24 | <i>Trogoderma granarium</i> Everts | Gorgojo "khapra" | Khapra beetle |
| | Coleoptera Languriidae: | | |
| 25 | <i>Pharaxonotha kirschi</i> Reitter | Gorgojo mexicano | Mexican grain beetle |

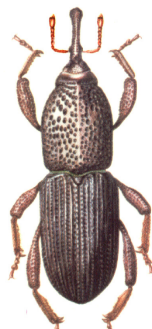
| Prog. | Nombre Científico | Nombre común en español | Nombre común en inglés |
|-------|--|-----------------------------------|--------------------------------------|
| | Coleoptera Mycetophagidae | | |
| 26 | <i>Typhaea stercorea</i> (Linneo) | Gorgojo de los hongos de almacén | Hairy fungus beetle |
| | | | |
| | Coleoptera Nitidulidae: | | |
| 27 | <i>Carpophilus dimidiatus</i> (Fabricius) | Gorgojo del maíz podrido | Corn sap beetle |
| 28 | <i>Carpophilus hemipterus</i> (Linneo) | Gorgojo de las frutas secas | Driedfruit beetle |
| | | | |
| | Coleoptera Ptinidae: | | |
| 29 | <i>Ptinus ocellus</i> Brown | Arañita australiana | Australian spider beetle |
| 30 | <i>Niptus hololeucus</i> (Faldermann) | Arañita dorada | Golden spider beetle |
| | | | |
| | Coleoptera Scolytidae: | | |
| 31 | <i>Stephanoderes obscurus</i> (Fabricius) | Broca del Café | Coffe bean borer |
| | | | |
| | Coleoptera Tenebrionidae: | | |
| 32 | <i>Alphitobius diaperinus</i> (Panzer) | Gusano pequeño de las harinas | Lesser mealworm |
| 33 | <i>Alphitobius laevigatus</i> (Fabricius) | Gorgojo negro de los hongos | Black fungus beetle |
| 34 | <i>Gnathocerus cornutus</i> (Fabricius) | Gorgojo cornudo de la harina | Broadhorned flour beetle |
| 35 | <i>Gnathocerus maxillosus</i> (Fabricius) | Gorgojo de cuernos delgados | Slenderhorned flour beetle |
| 36 | <i>Latheticus oryzae</i> Waterhouse | Gorgojo de cabeza alargada | Longheaded flour beetle |
| 37 | <i>Tenebrio molitor</i> Linneo | Gusano amarillo de la harina | Yellow mealworm |
| 38 | <i>Tenebrio obscurus</i> Fabricius | Gusano oscuro de la harina | Dark mealworm |
| 39 | <i>Tribolium castaneum</i> (Herbst) | Gorgojo castaño de las harinas | Red four beetle |
| 40 | <i>Tribolium confusum</i> Du Val | Gorgojo confuso de las harinas | Confused flour beetle |
| 41 | <i>Tribolium destructor</i> (Uytenboogart) | Gorgojo destructor de las harinas | Dark flour beetle |
| | | | |
| | Coleoptera Trogositidae: | | |
| 42 | <i>Tenebroides mauritanicus</i> (Linneo) | Cadela | Cadelle |
| | | | |
| | Lepidoptera Gelechiidae: | | |
| 43 | <i>Sitotroga cerealella</i> (Olivier) | Palomilla dorada del maíz | Angoumois grain moth |
| | | | |
| | Lepidoptera Pyralidae: | | |
| 44 | <i>Anagasta kuehniella</i> Zeller | Palomilla de los molinos | Mediterranean, Mill moth |
| 45 | <i>Cadra figulilella</i> (Gregson) | Palomilla de las pastas | Raisin moth |
| 46 | <i>Corcyra cephalonica</i> (Stainton) | Palomilla del arroz | Rice moth |
| 47 | <i>Ephestia cautella</i> (Walker) | Palomilla de la fruta seca | Almond moth, Tropical warehouse moth |
| 48 | <i>Ephestia elutella</i> (Hubner) | Palomilla del tabaco o del cacao | Tobacco moth |
| 49 | <i>Plodia interpunctella</i> (Hubner) | Palomilla india de la harina | Indian mealmoth |
| 50 | <i>Pyralis farinalis</i> Linneo | Palomilla de la harina | meal moth |
| | | | |
| | Lepidoptera Tineidae: | | |
| 51 | <i>Nemapogon granella</i> Linneo | Palomilla europea del trigo | European grain moth |
| | | | |
| | Psocoptera Liposcelidae: | | |
| 52 | <i>Liposcelis</i> sp | Psócido de los cereales | Cereal psocid |

Anexo 9.3

Descripción de insectos de granos almacenados.

Nota importante:

Los dibujos de los insectos fueron amablemente proporcionados por la empresa Degesh de México S. A. de C. V. a través de posters y folletos técnicos, mismos que fueron obtenidos mediante el Scanner HP 3750 para la elaboración de esta tesis.



9.3.1. *Sitophilus granarius* (Linneo)
“picudo de los graneros”, “gorgojo de los graneros” ó
“gorgojo del trigo”

Descripción.

Aspecto: Cabeza con ojos de forma oblonga, angostos, adelgazándose en la base, provista de un pico bien definido y antenas acodadas en forma de maza. Protórax densamente cubierto con depresiones ovaladas. Ausencia de alas posteriores.^{3, 25, 33}

Tamaño: El adulto mide de 3 a 4.5 mm de longitud.^{3, 25, 33}

Color: Varía de café oscuro a casi negro, sin manchas en los élitros.^{3, 25, 33}

Hábitat.

Alimento: Limita su ataque primordialmente a cereales almacenados como el maíz, sorgo, cebada, arroz y avena. Tanto la larva como el adulto se alimentan vorazmente.^{3, 25}

Distribución: Especialmente en las zonas frías y los climas templados a nivel mundial. En México se le encuentra en todo el país y especialmente en las zonas templadas del Estado de Veracruz y el Norte-centro de la República: Sonora, Chihuahua, Tamaulipas, Jalisco, Hidalgo y Morelos.^{3, 6, 11, 14, 33}

Biología.

Las hembras hacen perforaciones en el grano en donde colocan sus huevecillos. Cada hembra deposita entre 50 y 250 que tardan de 4 a 14 días en incubarse dependiendo de la temperatura y humedad relativa del ambiente, la larva se desarrolla dentro del grano y tarda de 19 a 35 días para convertirse en adulto. La transformación completa de huevecillo a adulto puede efectuarse de 4 a 6 semanas. El adulto generalmente vive de 7 a 8 meses y se reproduce durante todo el año. No puede volar. Se localizan en cualquier parte de la masa del grano.^{3, 6, 25, 33, 56}

Daños que causa.

Se considera una plaga primaria porque los adultos perforan continuamente el grano entero para alimentarse, las hembras para depositar sus huevecillos y las larvas se alimentan del interior del grano, durante su desarrollo.^{3, 33}



9.3.2. *Sitophilus oryzae*
(Linneo) “gorgojo del arroz”
ó “picudo cuatro manchas”



9.3.3. *Sitophilus zeamais*
(Motshulsky) “gorgojo del maíz”
ó “picudo cuatro manchas”

Descripción.

Aspecto: De apariencia muy similar al gorgojo de los graneros *Sitophilus granarius* (L), la cabeza provista también con un pico largo, aunque los ojos son mayores y de forma oblonga. Antenas acodadas en forma de maza. El protórax esta densamente cubierto con depresiones circulares. Se puede diferenciar *S. oryzae* del gorgojo del maíz observando que el protórax en su parte media longitudinal tiene un espacio sin depresiones circulares. Presencia de alas posteriores.^{6, 25}

Tamaño: Los adultos de estas especies miden de 2.5 a 3.0 mm. de longitud. Ligeramente menor que el gorgojo del trigo.^{3, 6, 25, 33, 56}

Color: Varían de rojizo a negro. Los élitros presentan cuatro manchas de color amarillento.^{3, 6, 25}

Hábitat.

Alimento: Atacan principalmente los cereales tanto en el campo antes de la cosecha como en el almacén incluyendo pastas. Los adultos y las larvas se alimentan vorazmente del grano.^{3, 6, 25, 33}

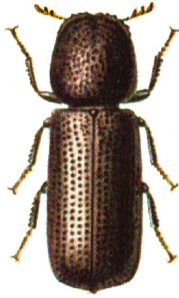
Distribución: Se le encuentra en todo el mundo especialmente en las zonas cálidas húmedas, subtropicales y tropicales. En México está abundantemente distribuido tanto en el campo como en el almacén principalmente en las regiones productoras de maíz y sorgo, aunque ocasionalmente se le puede encontrar en las zonas productoras de trigo de los estados de Sinaloa y Sonora. *S. zeamais* en toda la Republica Mexicana y *S. oryzae* se registra para: Veracruz, Chiapas, México, Tabasco y Yucatán.^{3, 6, 14}

Biología.

Las hembras perforan el grano y depositan en cada diminuta perforación un huevecillo que posteriormente es cubierto con una secreción, por lo que su presencia pasa inadvertida. Cada una oviposita de 300 a 400 huevecillos que tardan de 4 a 6 semanas en transformarse en adultos que vuelan con facilidad. La larva carente de patas, vive, se alimenta, se transforma en pupa y finalmente en adulto dentro del grano. El adulto vive de 4 a 5 meses. La hembra alcanza su máxima actividad de oviposición después de 3 semanas de haber emergido.^{3, 6, 25, 33, 56}

Daños que causa.

Se considera plaga primaria porque el adulto es capaz de dañar granos sanos y las larvas se alimentan del interior de estos. Al emerger el adulto produce orificios en el grano que son característicos. En México es una de las principales plagas de almacén.^{3, 33, 56}



9.3.4. *Rhizopertha dominica* (Fabricius)
"barrenillo de los granos"

Descripción.

Aspecto: De apariencia similar al barrenador de los granos, aunque más pequeño. Cuerpo de forma cilíndrica, alargado con la parte posterior redondeada y ligeramente truncada. Cabeza retráctil dentro del protórax; antenas cuyos 3 últimos antenómeros son marcadamente más grandes que los demás. Protórax más o menos circular, rugoso debido a la existencia de pequeñas protuberancias. Presencia de alas posteriores.^{3, 6, 25, 33}

Tamaño: El adulto mide de 2.5 a 3.5 mm de longitud.^{3, 6, 25, 33, 56}

Color: De castaño a café oscuro.^{3, 6, 56}

Hábitat.

Alimento: Tanto la larva como el adulto tienen preferencia por los cereales y sus productos derivados, siendo muy voraces. Infesta al grano tanto en el campo como en el almacén. Generalmente no se desarrolla en semillas oleaginosas y leguminosas como el frijol.^{3, 6, 25, 33}

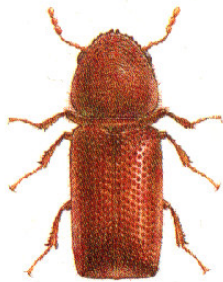
Distribución: Se encuentra en todo el mundo y en México en todo el país, aunque con mayor abundancia en la parte Noroeste y Noreste, también en los estados Guanajuato, México, Morelos, Tabasco, Veracruz, Michoacán y Yucatán.^{3, 14, 56}

Biología.

Las hembras depositan de 300 a 400 huevecillos en la superficie de los granos o entre ellos. Al emerger las larvas se abren camino hasta el interior de ellos de los que se alimentan; las larvas poseen patas y pueden reptar y generalmente pasan la fase de pupa dentro del grano. La transformación de huevecillo en adulto se realiza en un periodo aproximado de 4 a 10 semanas. El adulto tiene una longevidad de 4 a 6 meses y es capaz de volar.^{3, 6, 25, 33, 56}

Daños que causa.

Se considera plaga primaria para cereales enteros porque tanto la larva como el adulto son capaces de perforar el grano al que causan severos daños. Plaga secundaria para harinas de cereales. Ataca también pieles y artículos de madera.^{3, 25, 33}



Adulto



Larva

9.3.5. *Prostephanus truncatus* (Horn)
"barrenador de los granos"

Descripción.

Aspecto: Cuerpo cilíndrico con la parte posterior truncada, cabeza de forma ligeramente triangular, retráctil dentro del protórax de aspecto rugoso, debido a la presencia de pequeñas protuberancias. Antenas con los tres últimos antenómeros de tamaño mayor que los demás. De apariencia similar al barrenillo de los granos pero más grande. ^{3, 6, 25, 56}

Tamaño: El adulto mide de 3.5 a 4.5 mm de longitud. ^{3, 6, 25, 33, 56}

Color: Varía de café oscuro a castaño. ^{3, 33}

Hábitat.

Alimento: Los adultos y larvas atacan a todos los cereales y sus harinas. Infesta al grano tanto en el campo como en el almacén. ^{3, 25}

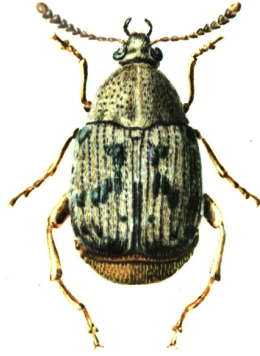
Distribución: En las regiones cálidas húmedas y templadas de América Latina. En México es poco abundante en las zonas productoras de maíz, y menos frecuente en el almacén. Se encuentra en los estados de Jalisco, Zacatecas, México, Tabasco, Michoacán, Oaxaca, Morelos, Guanajuato y en el Distrito Federal. ^{3, 14, 33}

Biología.

La hembra deposita libremente sobre los granos o harinas aproximadamente 300 huevecillos. Las larvas son pequeñas de color blanco y poco móviles; al emerger, atacan al grano en cuyo interior acostumbran desarrollarse, aunque también pueden vivir entre el polvillo. La transformación de huevo en adulto tarda de 4 a 6 semanas. Es capaz de volar y lento al caminar. ^{3, 25, 33}

Daños que causa.

Es una plaga primaria de granos de cereales, el adulto es extraordinariamente voraz, perfora los granos produciendo polvillo y dejando solamente cascarilla. ^{3, 25, 56}



9.3.6. *Acanthoscelides obtectus* (Say)
"gorgojo pardo del fríjol"

Descripción.

Aspecto: Cuerpo ovoidal grueso, cubierto de sedas. Cabeza pequeña con ojos grandes y salientes. Largas antenas y aserradas, Los élitros cortos no cubren totalmente el abdomen. Fémur posterior con un diente grande y dos pequeños. Capaz de volar.^{3, 25, 33}

Tamaño: El adulto mide de 3.5 a 4.5 mm de longitud.^{3, 25, 33}

Color: Gris pardo con pequeñas bandas negras transversales en los élitros.^{3, 25}

Hábitat

Alimento: Limita su ataque al fríjol, no se alimenta de cereales u otros productos.^{3, 25, 33}

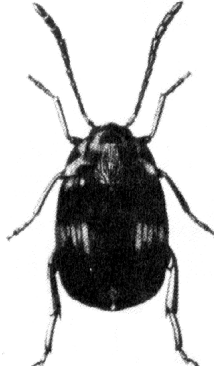
Distribución: Se le encuentra en las regiones templadas, productoras de fríjol, de todo el mundo. En México se presenta en la parte central del país (Distrito Federal, Guanajuato, Jalisco, Michoacán, Durango y Tamaulipas) y menos frecuente en las costas de los estados de Guerrero, Campeche, Oaxaca, Veracruz, Chiapas.^{3, 14, 33}

Biología

La hembra coloca los huevecillos en las perforaciones que realiza, en las vainas verdes y entre los granos de fríjol almacenados. La transformación de huevecillo en adulto tarda de 4 a 6 semanas. Al nacer las larvas son pequeñas de color blanco con gran cantidad de sedas largas y después que mudan son blancas sin sedas largas y con cabeza muy pequeña. Los adultos al emerger dejan un orificio circular característico, éstos son de vida corta en promedio 20 días y no se alimentan de productos almacenados.^{3, 25, 33}

Daños que causa

Se considera plaga primaria de los frijoles debido a que las larvas se desarrollan dentro de la semilla, pudiendo existir varias de ellas en un solo grano siendo muy destructivas.^{3, 25, 33}



9.3.7. *Zabrotes subfasciatus* (Boheman)
"gorgojo pinto del frijol"

Descripción.

Aspecto: Cuerpo parecido al gorgojo pardo (*A. obtectus*) aunque más chico y más ancho. Cabeza pequeña con antenas largas y delgadas; los élitros no cubren totalmente el abdomen. El fémur posterior liso y la tibia con dos dientes largos rojizos.^{3, 33}

Tamaño: El adulto mide de 2 a 3 mm de longitud.^{3, 33}

Color: El macho es negro con manchas blancas amarillentas en el dorso y la hembra de color café pardo.^{3, 33}

Hábitat.

Alimento: Limita su ataque primordialmente al frijol tanto en el campo como en el almacén. Generalmente no ataca cereales u otros productos.³

Distribución: Abundante en los climas tropicales y subtropicales de áreas cálidas húmedas, aunque también se le puede encontrar en los templados. En México está distribuido en todas las regiones productoras de frijol, especialmente en las costas de Nayarit, Michoacán, Guerrero, Oaxaca, Chiapas, Q. Roo, Yucatán, Campeche, Tabasco y Veracruz.^{3, 14, 33}

Biología.

La hembra adhiere sus huevecillos a la superficie del frijol. Al nacer la larva perfora la cascarilla del grano penetrando al interior en donde se alimenta y permanece hasta transformarse en adulto. El huevecillo tarda de 4 a 6 semanas en transformarse en adulto. La larva es robusta, encorvada de color blanco marfil. La pupa se desarrolla cerca de la cascarilla; al emerger el adulto deja un orificio circular característico. El adulto vive de 3 a 4 semanas y no se alimenta. Es capaz de volar.^{3, 33}

Daños que causa.

Se considera una plaga primaria para el frijol, al cual ataca cuando todavía está en la vaina en el campo. Las larvas son muy voraces, pudiendo existir varias de ellas en un solo grano.^{3, 33}



Adulto



Larva

9.3.8. *Callosobruchus chinensis* (Linneo)
"gorgojo chino de los granos"

Descripción.

Aspecto: Cuerpo compacto ovalado, similar al de otras especies de brúquidos, los élitros no cubren totalmente el abdomen. Antenas aserradas. Cabeza pequeña y Tórax triangular.⁴⁵

Tamaño: 3 a 4 mm de longitud.⁴⁵

Color: café con dos manchones oscuros.⁴⁵

Hábitat.

Alimento: Las especies de esta familia se alimentan casi exclusivamente de leguminosas, tales como lentejas, habas, frijol, entre otras.⁴⁵

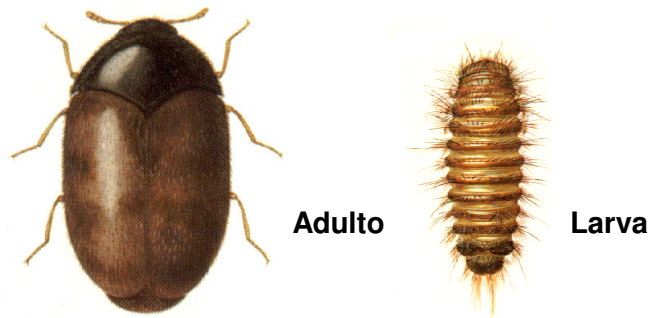
Distribución: Este insecto es nativo de China, pero se le encuentra en todo el mundo. En México se esta distribuido en climas templados del país.⁴⁵

Biología.

Los adultos son de vida corta, en promedio 20 días. Los huevecillos son depositados a los pocos días de alcanzar la madurez y son aproximadamente 100 por cada hembra. El periodo de desarrollo es de 23 a 27 días bajo temperaturas óptimas de 32 a 34^aC. Cuando la larva madura, ésta prepara una "ventana" por la cual el adulto emergerá.⁴⁵

Daños que causa.

Los adultos no se alimentan, únicamente se dedican a la reproducción. Los frijoles son infestados en la vaina desde el campo y cuando son llevados al almacén la infestación continua e incluso se intensifica.⁴⁵



9.3.9. *Trogoderma granarium* (Everts)
"gorgojo khapra"

Descripción.

Aspecto: De cuerpo ovalado, densamente cubierto de sedas. Antenas pequeñas terminando en una masa compacta los últimos tres antenómeros, que son diferencialmente mayores que los demás. Los élitros no cubren completamente el abdomen.^{3, 25, 33, 37}

Tamaño: El adulto mide de 1.5 a 3 mm de longitud; siendo mayor la hembra que el macho. La larva tiene una longitud de 2 a 6 mm.^{3, 6, 25, 33, 37, 56}

Color: café rojizo a café oscuro. Los élitros son de un solo color y presentan aparentemente manchas de color rojo y café debido al color de las sedas. Su tamaño pequeño y sus élitros sin mancha o ligeramente manchados, los distinguen de otras especies de *Trogoderma*. La larva es café amarillento y esta densamente cubierta de sedas largas.^{3, 6, 25, 33, 37, 56}

Hábitat.

Alimento: Granos de cereales, leguminosas, oleaginosas y sus productos derivados. Aunque prefiere los cereales, también se le ha encontrado en sangre deshidratada, cueros de origen animal, dátiles, frutas secas, lana, alfalfa seca.^{3, 6, 25, 33, 37}

Distribución: El gorgojo "khapra" es nativo de la India, Sri Lanka y Malaya. A partir de su centro de origen se ha distribuido a Europa, medio y lejano oriente, Australia, Este de África, Madagascar, Nigeria, Países Bajos y la antigua URSS. En 1953 fue descubierto en California, USA y se extendió Arizona, Nuevo México y Texas. Incluso Llego a Baja California y Sonora, México. Después de un programa Cuarentenario USA-México entre 1955 y 1960 fue controlado y hasta la fecha no se reporta en México.^{3, 6, 33, 37, 56}

Biología.

La hembra deposita sobre los productos agrícolas entre 50 y 80 huevecillos. Las larvas al emerger se alimentan libremente entre el producto. Bajo condiciones desfavorables éstas entran en un estado de latencia, ocultándose en grietas y orificios del almacén, donde pueden permanecer ocultas hasta por periodos de 4 años. La transformación de huevecillo en adulto tarda de 4 a 6 semanas hasta varios años, dependiendo de la temperatura y de la disponibilidad de alimento. Prefieren humedades relativas bajas (25%) en contraste con la mayoría de las especies de productos almacenados. El adulto es de vida corta ya que dura unos 10 ó 14 días y no es capaz de volar.^{3, 25, 33, 37}

Daños que causa.

Se considera plaga primaria. El adulto no se alimenta, pero la larva es extremadamente voraz y muy resistente a la aplicación de insecticidas y fumigantes cuando está en estado de latencia.^{3, 6, 22, 25, 37, 56}



9.3.10. *Tribolium confusum* (Du Val)
“gorgojo confuso de la harina”

Descripción.

Aspecto: Cuerpo de forma alargada y ligeramente plana. Ojos que vistos ventralmente se notan pequeños, redondos y muy separados, antenómeros que se ensanchan gradualmente de la base a los extremos, protórax densamente cubierto con diminutos puntos, y los élitros con bandas longitudinales difíciles de ver a simple vista.^{3, 25, 33, 56}

Tamaño: El adulto mide de 3 a 4 mm de longitud.^{3, 6, 25, 33, 56}

Color: Café rojizo brillante.^{4, 9, 53, 55, 56}

Hábitat.

Alimento: se alimenta principalmente de cereales (maíz, trigo, arroz, sorgo, etc.) quebrados y dañados por otros insectos, productos de la molienda de cereales, harinas, semillas oleaginosas y sus productos.^{3, 6, 25, 33}

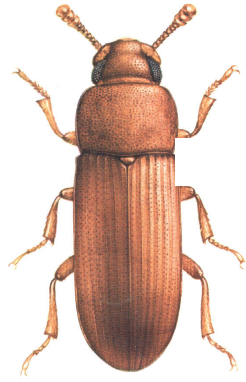
Distribución: En todo el mundo, especialmente en las regiones templadas. En México se le encuentra en todo el país generalmente asociado con los picudos aunque también es abundante en los almacenamientos de productos de la molienda en los estados de Guerrero, Michoacán, Chiapas, Guanajuato y Morelos.^{3, 14, 33, 56}

Biología.

La hembra oviposita hasta 450 huevecillos, entre la harina o residuos de granos y están cubiertos con una secreción pegajosa que permite se adhieran a las superficies y facilite la infestación. Estos se incuban de 5 a 12 días, dando origen a larvas pequeñas, delgadas, cilíndricas semejantes a un pedazo de alambre que llegan a medir 5 mm de longitud y son blancas matizadas de amarillo. La larva se transforma en pupa que al principio es blanca, gradualmente cambia a amarillo; después a café y finalmente se convierte en adulto. Los huevecillos tardan de 6 a 8 semanas para transformarse en adultos y viven de 12 a 18 meses. No vuela.^{3, 6, 25, 33, 56}

Daños que causan.

Es una plaga secundaria de los cereales ya que es incapaz de dañar al grano sano, limpio y seco. Se considera una plaga primaria para los productos de la molienda como harinas de cereales, leguminosas y oleaginosas. Tanto el adulto como la larva se alimentan de cereales quebrados o dañados y sus productos.^{3, 25, 33}



9.3.11. *Tribolium castaneum* (Herbst)
"gorgojo castaño de la harina"

Descripción.

Aspecto: Cuerpo de apariencia muy similar al gorgojo confuso (*Tribolium confusum*), aunque los ojos vistos ventralmente se notan más grandes y mucho menos separados. Los últimos tres antenómeros son marcadamente más grandes que los otros y el protórax esta densamente cubierto con diminutos puntos y los élitros con bandas longitudinales difíciles de ver a simple vista.^{3, 6, 25, 33, 56}

Tamaño: El adulto mide de 3 a 4 mm de longitud.^{3, 25, 33}

Color: Café rojizo brillante.^{3, 25, 33}

Hábitat.

Alimento: Prefiere granos dañados o quebrados de maíz, sorgo, cebada, centeno y trigo y también sucios con elevado porcentaje de impurezas, así como productos de la molienda. Posee los mismos hábitos alimentarios que el gorgojo confuso.^{3, 25, 33}

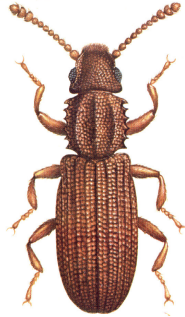
Distribución: Se le encuentra en todo el mundo especialmente en las regiones cálidas, frecuentemente se asocia con el gorgojo confuso y ó con los picudos. En México esta distribuido en todo el país y es la plaga secundaria mas importante.^{3, 14, 25, 33}

Biología

Presenta la misma biología que el gorgojo confuso excepto que este si vuela, y los huevecillos tardan 20 días para transformarse en adultos en contraste del *T. confusum* que tarda de 42 a 56 días. El aspecto, tamaño, y también, el color de las larvas y pupas son tan parecidas al gorgojo confuso que es muy difícil diferenciarlas.^{3, 6, 25, 33, 56}

Daños que causa

Ocasionan los mismos daños que el gorgojo confuso, aunque su capacidad de volar lo hace más peligroso. Se considera plaga secundaria de granos enteros y primaria de productos de la molienda, no obstante larvas y adultos prefieren el germen.^{3, 25, 33}



9.3.12. *Oryzaephilus surinamensis* (Linneo)
"gorgojo dientes de sierra" ó "gorgojo
aserrado"

Descripción

Aspecto: De cuerpo pequeño, aplanado y angosto; cabeza con antenas delgadas un poco más largas que el tórax, con los dos últimos antenómeros ligeramente engrosados. Tórax más largo que ancho con tres protuberancias longitudinales y seis dientes grandes en sus bordes laterales.^{3, 6, 25, 33, 56}

Tamaño: El adulto mide de 2.5 a 3.5 mm de longitud.^{3, 25, 33, 56}

Color: Varía de café oscuro a casi negro.^{3, 25, 56}

Hábitat

Alimento: Capaz de alimentarse de sorgo, maíz, otros cereales, harina de cereales, leguminosas y oleaginosas, copra, semillas oleaginosas. Prefiere los materiales blandos.^{3, 25, 56}

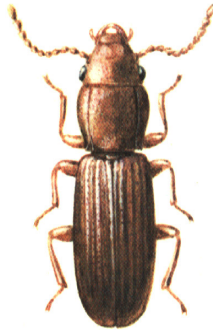
Distribución: Se encuentran en todo el mundo tanto en las regiones templadas como tropicales. En México está presente en todo el país. Principalmente en Michoacán, Morelos, D. F., Jalisco, Sonora, Veracruz, Tabasco, Oaxaca y Guanajuato.^{3, 14, 25, 33}

Biología

Cada hembra deposita aproximadamente 300 huevecillos entre los granos, que se transforman en adultos de 3 a 6 semanas. Las larvas son delgadas, de color paja y muy activas, construyen un capullo cuando pasan a la fase de pupa. El adulto vive de 6 meses a 3 años. Tanto la larva como el adulto viven entre los granos prefiriendo aquellos que están quebrados, blandos o dañados. No puede volar pero camina velozmente.^{3, 6, 25, 33, 56}

Daños que causa

Se considera plaga secundaria para granos enteros y duros, aunque se alimenta del germen de los cereales, no obstante puede ser plaga primaria para semillas oleaginosas suaves y productos de la molienda. Para la copra, nueces y frutas secas se considera como primaria.^{3, 25, 33}



9.3.13. *Criptolestes ferrugineus* (Steph)
"gorgojo mohoso de los granos"

Descripción.

Aspecto: Es uno de los insectos de granos almacenados más pequeños, su cuerpo está aplanado, la cabeza está provista de antenas largas filiformes generalmente de longitud mayor a la mitad del cuerpo y dispuestas hacia delante. El protórax más ancho en el frente que en la base.³³

Tamaño: El adulto mide de 1.5 a 2 mm de longitud.³³

Color: Castaño claro.³³

Hábitat.

Alimento: Se alimenta de cereales en descomposición y frecuentemente infesta los granos tales como trigo, cebada, centeno, arroz, sorgo y maíz, que están en malas condiciones. Proliferan rápidamente en los cereales con granos quebrados, elevado porcentaje de impurezas, con alto contenido de humedad o que ya están infestados por otros insectos. Como alimento prefieren el embrión de los granos al endospermo.³³

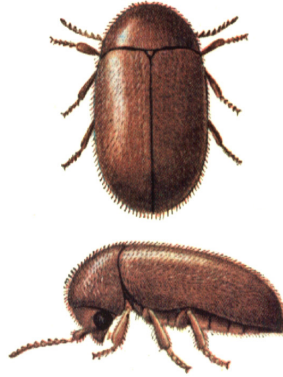
Distribución: Se encuentra ampliamente distribuido en todo el país, principalmente en los estados de Oaxaca, Puebla, Veracruz, Quintana Roo, Morelos y Guanajuato.^{3, 14, 33}

Biología.

Las hembras depositan sus huevecillos encima del producto o en las grietas de los granos. Las larvas son largas, delgadas de color pajizo y cuando alcanzan su máximo desarrollo hilan un capullo donde se convierten en pupa. La transformación de huevecillo en adulto se realiza en un periodo aproximado de 23 días. El adulto vive de 6 a 9 meses y tiene la capacidad de volar.³³

Daños que causa.

Se considera plaga secundaria de granos enteros y los productos de su molienda. Se alimenta del germen de los cereales. Su presencia en grandes cantidades es un indicio de deterioro avanzado de los productos almacenados. Frecuentemente se le observa en grano dañado por *Sitophilus spp.*³³



9.3.14. *Lasioderma serricorne* (Fabricius)
“gorgojo del tabaco” o “carcoma del tabaco”

Descripción.

Aspecto: De cuerpo pequeño, ovalado; compacto con la cabeza encorvada hacia abajo que le da al insecto una apariencia de estar jorobado cuando se le ve de lado. Antenas aserradas. Los élitros cubren todo el abdomen.^{3, 25, 33, 56}

Tamaño: El adulto mide de 2.0 a 2.5 mm de longitud.^{3, 6, 56}

Color: Café rojizo-amarillento.^{3, 6}

Hábitat.

Alimento: Tabaco, cacao, cereales, leguminosas, harinas, pastas, copra y productos aromáticos tales como especias.^{3, 6, 25, 33, 56}

Distribución: Se encuentra en todo el mundo prefiriendo las zonas cálidas a las templadas. En México esta presente en las regiones Noreste y Occidente, aunque también en menor abundancia en el resto del país, principalmente en los estados de Puebla, Sinaloa y el Distrito Federal.^{3, 14, 33, 56}

Biología.

La hembra deposita aproximadamente 100 huevecillos, los cuales tardan de 6 a 8 semanas para transformarse en adultos. El desarrollo de la larva se ve afectado por el tipo de alimento sobre el que se desarrolla. El adulto es de vida corta y capaz de volar, vive durante un periodo de 2 a 4 semanas y no se alimenta. La larva es blanca, sedosa y poco móvil tiende a permanecer encorvada.^{3, 6, 25, 33, 56}

Daños que causa.

Plaga primaria para tabaco, al cual infesta desde el campo, así también para el cacao en grano y para productos harinosos de cereales, leguminosas o cacao empacados en envases de cartón, ya que el adulto es capaz de perforarlos e infestarlos. Plaga secundaria de cereales y leguminosas enteros, sanos y secos. Capaz de perforar el frijol soya sano y seco, aunque la infestación no progresa. Ocasionalmente puede encontrarse atacando los granos que se dejan mucho tiempo en almacenamiento.^{3, 25, 56}



9.3.15. *Stegobium panecium* (Linneo)
“gorgojo de las galletas o del pan” ó “gorgojo de las farmacias”

Descripción.

Aspecto: Su cuerpo es cilíndrico, cubierto por una pubescencia sedosa fina. Es muy semejante en apariencia al gorgojo del tabaco, con el cual está emparentado, pero difiere de él por ser proporcionalmente más oblongo y porque tiene élitros distintamente estriados. La larva es mucho menos sedosa que la del escarabajo de los cigarrillos o del tabaco.^{6, 25, 33}

Tamaño: El adulto mide de 3.5 mm ó menos de longitud.⁶

Color: Café claro uniforme y brillante.^{6, 56}

Hábitat.

Alimento: Pan, galletas, tabaco, especias, nueces, frutas secas, harina de pescado y carne. Se le conoce también como gorgojo de las farmacias por el hábito de alimentarse de casi todas las medicinas que se encuentran en esos sitios.⁵⁶

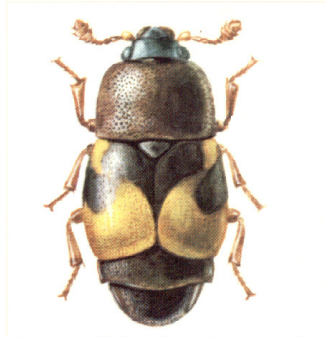
Distribución: Frecuentemente se le encuentra en almacenes y graneros en todas partes del mundo.^{33, 56}

Biología.

El ciclo de vida completo puede pasar en menos de dos meses. Tarda 40 días a 30°C y 70% H.R, pero es capaz de desarrollarse a 15° C y H.R. menores de 30%. Los “gusanillos blancos” que salen de los huevecillos abren un túnel a través del grano y cuando están completamente desarrollados se convierten de pupa en pequeños adultos. Los adultos viven dos semanas o menos; durante este lapso la hembra puede depositar 40 huevecillos, en casi cualquier sustancia orgánica.^{25, 33, 56}

Daños que causa.

Se considera plaga secundaria de granos enteros, no obstante se alimenta del embrión. Tanto las larvas como los adultos se hallan en productos de molinera de trigo y arroz. No ataca a los cereales a menos que éstos se tengan almacenados por largos períodos sin moverlos.²⁵



9.3.16. *Carpophilus hemipterus* (Linneo)
“gorgojo de las frutas secas”

Descripción.

Aspecto: Cuerpo de forma ovalada, con antenas cortas terminadas en una masa compacta de forma redonda y tamaño diferencialmente mayor del resto de la antena. Élitros cortos que dejan al descubierto los 3 últimos metámeros abdominales Existen dos especies que son muy comunes y parecidas *Carpophilus hemipterus* y *Carpophilus dimidiatus*; esta última es de aspecto similar, pero de cuerpo más alargado y no presenta las manchas amarillas.^{3, 6, 33, 56}

Tamaño: El adulto mide de 3 a 4.5 mm de longitud.^{3, 33}

Color: Castaño claro, frecuentemente con manchas amarillentas en los élitros.^{3, 33}

Hábitat.

Alimento: Se alimenta de frutas, la savia de plantas y granos dañados por hongos. Le atraen los granos húmedos en descomposición y copra húmeda. No ataca los granos secos y en buen estado. Se alimentan tanto la larva como el adulto de semillas de palma, cacao y fruta seca.^{3, 6, 33}

Distribución: Se encuentra en todo el mundo. En México se presenta en todo el país, abundando en las partes cálido-húmedas de los estados de Campeche, Guerrero, Oaxaca, Tabasco, Yucatan y Morelos.^{3, 14}

Biología.

La hembra deposita un promedio de 1000 huevecillos que tardan de 15 días a 4 semanas en transformarse en adulto, que por cierto es fuerte volador. Tanto las larvas como los adultos se alimentan.^{3, 33}

Daños que causa.

Se considera plaga secundaria y terciaria para la mayoría de los granos secos y sanos, llegando a ser primaria para las frutas secas. Su presencia es un indicio de la existencia de mercancías con elevado contenido de humedad y en avanzado estado de deterioro. Es una de las principales plagas de copra húmeda en las regiones costeras de México donde *C. hemipterus* es más abundante que *C. dimidiatus*.^{3, 33}



9.3.17. *Tenebroides mauritanicus* (Linneo).
"tranza ó cadela"

Descripción.

Aspecto: El insecto adulto es alargado, oblongo y aplanado. La cabeza es tan amplia como el pronotum y éste a su vez separado ampliamente en la base de los élitros.^{6, 25, 56}

Tamaño: El adulto mide de 8 a 10 mm de longitud.^{6, 25, 33, 56}

Color: Negro brillante.^{4, 55, 56}

Hábitat.

Alimento: Pueden alimentarse de granos enteros, principalmente el germen, más que el endospermo. Infestan la mayoría de cereales, nueces y frutas secas.^{33, 56}

Distribución: Este insecto es nativo de América, pero se le encuentra en todo el mundo. En México esta distribuido en climas templados del país.⁶

Biología.

Tiene un periodo de desarrollo desde la oviposición hasta adulto de 70 días. La hembra deposita 1000 huevecillos. Las larvas pueden sobrevivir por más de 2 años sin alimento. La larva es blanca y carnosa, crece hasta alcanzar de 15 a 20 mm de largo y tiene la costumbre de perforar las vigas o madera de cualquier clase que haya en los almacenes. La mayoría de los adultos vive más de un año.^{6, 25, 33, 56}

Daños que causa.

Se considera plaga primaria de granos enteros y secundaria de productos de la molienda. Tanto las larvas como los adultos tienen el hábito destructor de ir de grano en grano devorando su germen. Se hallan a menudo resguardados en los transportadores helicoidales de los molinos de harinas, incluso algunas veces llegan a cortar las telas de los tambores cernidores y de las maquinas compensadoras. También labra galerías en el maderamen de almacenes, vagones de transporte por tren, barcos que se dediquen al embarque de cereales, e invade después el grano embarcado que se transporta durante la corta permanencia de éste en su interior.^{6, 25, 56}



9.3.18. *Gnathocerus cornutus* (Fabricius).
"gorgojo cornudo de la harina"

Descripción.

Aspecto: Cuerpo oblongo con la cabeza de tamaño aproximado a la mitad del pronotum. Al escarabajo cornudo se le dá este nombre vulgar por la peculiar estructura de las mandíbulas del insecto macho, que va provisto de un par de maxilas grandes, robustas y arqueadas en forma de cuernos. El pronotum está estrechamente unido a la base de los élitros.⁵⁶

Tamaño: El adulto mide de 3.5 a 4.5 mm de longitud.^{6, 56}

Color: Castaño rojizo.^{6, 56}

Hábitat.

Alimento: Prefiere harinas y piensos, pero se le encuentra también como plaga en gran variedad de granos y semillas.⁶

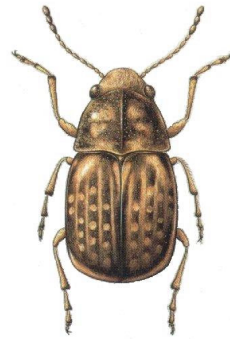
Distribución: Su distribución es cosmopolita y se le encuentra en Estados Unidos. En México se presenta, principalmente en los estados de Michoacán, Veracruz, Chiapas y Guanajuato.^{6, 14, 56}

Biología.

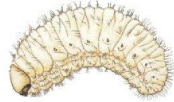
Los insectos adultos viven todo un año o más y las hembras ponen de 100 a 200 huevecillos. Los huevos pequeños y de color blanco se avivan en cuatro o cinco días cuando las temperaturas son elevadas y el ciclo de vida de huevo a adulto tarda unas ocho semanas aproximadamente.^{6, 56}

Daños que causa.

Se considera plaga primaria de productos de la molienda y secundaria de granos enteros de cereales. Prefiere parasitar harinas y piensos.⁵⁶



Adulto



Larva

9.3.19. *Araecerus fasciculatus* (De Geer).
"gorgojo de los granos del café"

Descripción.

Aspecto: Es un insecto muy activo, robusto, cuerpo ovoide-elongado, antenas cortas con los tres últimos antenómeros ligeramente agrandados. Los elitros siempre cubren la base del pigidio, el cual siempre se encuentra parcialmente expuesto en una vista lateral, pero generalmente no es visto desde arriba.^{4, 6}

Tamaño: El adulto mide de 3 a 5 mm de longitud.^{6, 56}

Color: Castaño oscuro, con pubescencia moteada clara y oscura.^{6, 56}

Hábitat.

Alimento: Granos de café, fruta seca, rastrojo de maíz y cereales en general tales como arroz, maíz y trigo.^{6, 56}

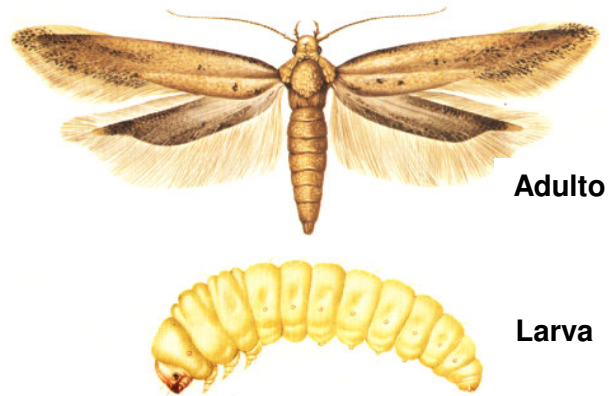
Distribución: Se piensa que es originaria de la India, pero actualmente esta repartido por todos los países del mundo. Es muy frecuente en los estados del sur de Estados Unidos en donde prolifera. En México se desarrolla en almacenes y en el campo sobre semillas y granos de toda clase en Chiapas, Veracruz, Puebla y probablemente se localice en la zona norte del estado de Tamaulipas.^{6, 14, 56}

Biología.

Deposita sus huevecillos en los granos blandos del maíz, y su reproducción continua después que el maíz ha sido cosechado y colocado en almacén. Puede sin embargo, ser muy abundante durante los tres primeros meses de almacenamiento. Es un gran volador.⁵⁶

Daños que causa.

Se reproduce en las frutas secas, granos de café, rastrojo de maíz. Se considera una plaga secundaria de los granos.^{6, 56}



Adulto

Larva

9.3.20. *Sitotroga Cerealella* (Oliver).
 “palomilla dorada” o “palomilla de los cereales”

Descripción.

Aspecto: Palpos labiales curvos. Alas anteriores de color dorado con escasos puntos negros y ausencia de bandas de otros colores. Alas posteriores angostas con una visible banda de sedas largas, terminando en forma de índice en su extremo exterior.^{6, 25, 33, 56}

Tamaño: El tamaño puede variar en función del tipo de grano donde se desarrolle. Generalmente mide con las alas extendidas de 12 a 16 mm.^{3, 56}

Color: Amarillo dorado.²⁵

Hábitat.

Alimento: Los adultos se trasladan a los campos de cultivo de maíz y trigo que están muy cercanos a la madurez haciendo sus puestas en las mazorcas o las espigas y éstos no se alimentan. Las larvas consumen preferentemente cereales enteros como el maíz, sorgo, trigo, cebada, arroz, centeno y avena, a los cuales invade desde el campo y continúan en el almacén.^{3, 6, 25, 33}

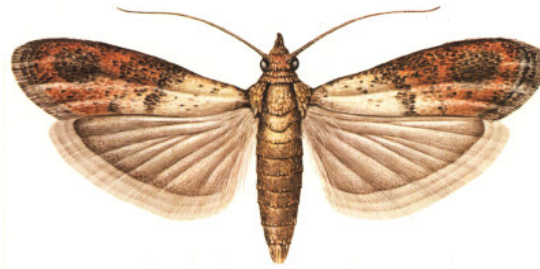
Distribución: Se encuentra distribuido en todo el mundo. En México esta ampliamente distribuida en las zonas costeras y en las regiones tropicales y subtropicales y es menos abundante en las regiones templadas principalmente en la zona centro y norte del país.^{3, 14, 56}

Biología.

La hembra deposita de 40 a 400 huevecillos sobre la superficie de los granos, la larva, perfora al grano penetrando en su interior en donde permanece en sus fases de larva y pupa. La larva de color blanco antes de pupar prepara el orificio de salida del adulto cortando la cascarilla por la mitad o tres cuartos de una circunferencia, después hila un capullo de seda y se convierte en una pupa café rojiza. La transformación de huevecillo en adulto se realiza en aproximadamente en 5 semanas. El adulto es de vida corta y únicamente se dedica a la reproducción.^{3, 6, 25, 33, 56}

Daños que causa

Plaga primaria de granos de cereal y secundarios de sus productos, siendo la larva la causante del daño. En los productos almacenados a granel abunda solamente en las capas superficiales.^{3, 6, 25, 33}



Adulto



Larva

9.3.21. *Plodia interpunctella* (Hubner)
“palomilla india de las harinas” o “palomilla bandeada”

Descripción.

Aspecto: Se le distingue fácilmente de otras palomillas por las marcas de sus alas anteriores que son café rojizas en los dos tercios externos, mientras que el primer tercio es de color canela claro o ligeramente amarillento. Alas posteriores de color blanquecino. La larva es blanquecina y cuando está completamente desarrollada mide aproximadamente 13 mm de longitud, pudiendo ser ligeramente verdosa y con tintes rosados tiene tres pares de apéndices locomotores y cuatro pares de propatas en los metámeros abdominales.^{3, 6, 25, 33, 56}

Tamaño: Generalmente mide entre 16 y 18 mm de ancho con las alas extendidas.^{3, 6, 25, 56}

Color: Dos colores dominantes, siendo la banda de color café rojizo lo que predomina sobre el amarillo y canela de la otra.^{3, 25, 56}

Hábitat

Alimento: Cereales y sus harinas, cacahuete, frutas secas, nueces. Debido a que la larva es la única que se alimenta, tiene preferencia por los granos quebrados o molidos.^{3, 6, 25, 33}

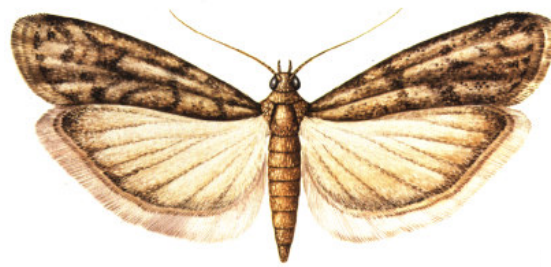
Distribución: Se le encuentra en todo el mundo y en México en todo el país especialmente en las regiones tropicales y subtropicales, presente en los estados de México, Jalisco, Michoacán, Morelos, Guanajuato y Distrito Federal.^{3, 14, 33, 45}

Biología.

Las hembras depositan de 100 hasta 500 huevecillos aislados o en grupos, en los productos almacenados. La larva hila una especie de telaraña cuando esta totalmente desarrollada, dejando un hilo de seda por dondequiera que se arrastra, donde se acumulan deyecciones de la larva y partículas del producto, pudiendo formar una seda característica. La transformación de huevecillo en adulto se efectúa aproximadamente en 26 días. Debajo de temperaturas de 10 °C, generalmente no se completa el desarrollo. Los adultos son de vida corta y no se alimentan.^{3, 6, 25, 33, 56}

Daños que causa

Se considera plaga secundaria de los granos secos y sanos y plaga primaria de las harinas, cacahuete y frutas secas, debido a las deyecciones y contaminaciones de las larvas. En su fase de larva prefieren el germen de los granos.^{3, 6, 25, 33, 56}



Adulto



Larva

9.3.22. *Ephestia (Anagasta) kuhniella* (Zeller)
“palomilla del mediterráneo” o “palomilla de la harina”

Descripción.

Aspecto: La cabeza del adulto es pequeña y globosa. Alas anteriores de un color gris plomizo con pequeñas bandas negras transversales. Alas posteriores anchas de un color blanco sucio con una banda de sedas de tamaño reducido. Esta especie es fácil de confundir con otras 2 especies emparentadas: *Ephestia (Cadra) cautella* y *Ephestia elutella*. Sin embargo, durante el reposo mantiene elevada la parte delantera de su cuerpo, dando el aspecto de tener cierta inclinación de sus alas de adelante hacia atrás, lo que sirve como medio de identificación.^{3, 6, 25, 33}

Tamaño: Desde 21 mm hasta 25 mm de ancho con las alas extendidas.^{3, 6, 25, 33, 56}

Color: Predomina el color gris de sus alas anteriores y bandas negras transversales al color pardo de las alas posteriores.^{3, 6, 25, 56}

Hábitat.

Alimento: Prefiere la harina de trigo aunque se desarrolla en los cereales con abundancia de granos quebrados o granos dañados por otros insectos. También se alimenta de nueces, chocolates y frutas secas.^{3, 25, 56}

Distribución: Se le encuentra en todo el mundo. En México se presenta con mayor abundancia en la parte central y con menor incidencia en el resto del país.^{3, 14, 33}

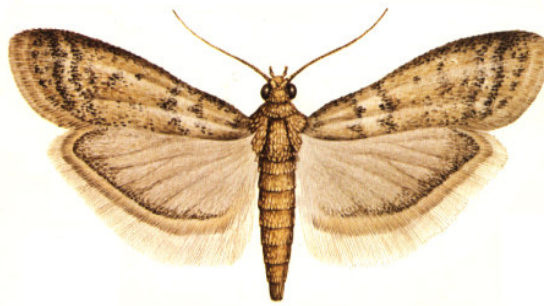
Biología.

La hembra deposita unos 300 huevecillos entre la harina o impurezas de los granos. La larva es de color blanquecino o ligeramente rosada con unos pequeños puntos negros en el cuerpo, con tres pares de apéndices locomotores y cuatro pares de propatas cónicas en los metámeros abdominales; mide aproximadamente 12 mm de longitud cuando esta completamente desarrollada; mientras se alimenta va dejando hilos de seda y entretejiendo y apelmazando partículas de alimento, lo que llega a obstruir las operaciones de molienda del trigo. La larva hila un capullo de seda en el cual se transforma en una pupa de color café rojizo. El paso de huevecillo a adulto se realiza en aproximadamente de 8 a 9 semanas. El adulto vive aproximadamente 15 días.^{3, 6, 25, 33, 56}

Daños que causa.

Se considera plaga secundaria de granos enteros y primaria de la harina de trigo y otras harinas de cereales y oleaginosas. La larva es la causante del daño. Aunque los

productos de cereales molidos son los infestados con mayor frecuencia los granos completos también pueden ser dañados. En los molinos de harina, la maquinaria puede atascarse tanto con la harina apelotonada que las operaciones se interrumpen.^{3, 6, 25, 33, 56}



Adulto



Larva

9.3.23. *Ephestia (Cadra) cautella* (Walter)
"palomilla de la fruta seca"

Descripción.

Aspecto: Alas anteriores de color pardo grisáceo mate, con marcas oscuras pero con una marca exterior clara. Presentan también una franja interior ancha y oscura, que en su borde interno tiene una franja ancha y clara. Las franjas se observan más dispersas que en *E. eleutella*. Alas posteriores con una banda de pelos conspicuos.^{25, 33}

Tamaño: Desde 16 mm hasta 23 mm de ancho con las alas extendidas.^{6, 25, 33}

Color: Predomina el color grisáceo pardo de sus alas anteriores.^{33, 56}

Hábitat.

alimento: Cereales, semillas, oleaginosas (inclusive cacahuete y semillas de palma), cacao, especias, materias primas para alimentos de animales.^{25, 33}

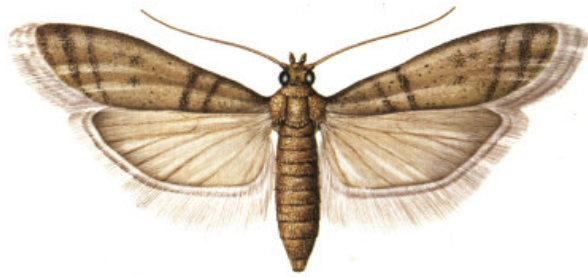
Distribución: Se le encuentra en todo el mundo. En México se presenta con mayor abundancia en la parte sur y sureste, con menor incidencia en el resto del país.^{14, 33}

Biología.

La polilla adulta rehuye a la luz intensa y durante el día reposa en lugares oscuros; tiene un ritmo de vuelo que da períodos de las 5 a las 7 de la tarde, y a las 6 de la mañana, cuando se producen las oscilaciones diarias de temperatura y humedad. La hembra deposita hasta 300 huevecillos sobre el producto a granel o envasado, a los 3 o 4 días de haber salido del capullo. Los huevecillos eclosionan en tres días y la larva se alimenta hasta que alcanza la madurez tejiendo un capullo y éste a su vez da origen al adulto. Todo el ciclo dura 25 días en promedio. Los adultos no se alimentan y viven menos de 14 días.^{25, 33}

Daños que causa.

Se considera plaga secundaria de granos enteros y primaria de la harina. La larva se alimenta de los embriones del grano y se desplaza entre el producto almacenado contaminándolo con sus deyecciones. Cuando existe una gran proliferación de larvas sobre las estibas pueden llegar a oscurecer la superficie de los sacos, con sus sedas forman una especie de telaraña.^{6, 25, 33}



Adulto



Larva

9.3.24. *Ephestia elutella* (Hubner)
"palomilla del cacao o del tabaco"

Descripción

Aspecto: Alas anteriores de un color gris plomizo con pequeñas bandas negras transversales. Alas posteriores anchas de un color blanco sucio con una banda de pelos de tamaño reducido.^{6, 25, 56}

Tamaño: Hasta 23 mm de ancho con las alas extendidas.^{3, 33, 56}

Color: Predomina el color gris de sus alas anteriores con marcas oscuras transversales dos proximales y dos distales al tórax.^{3, 6, 25}

Hábitat.

Alimento: Prefiere la harina de trigo aunque se desarrolla en los cereales con abundancia de impurezas, granos quebrados o granos dañados por otros insectos y otros productos alimenticios molidos.^{3, 25, 56}

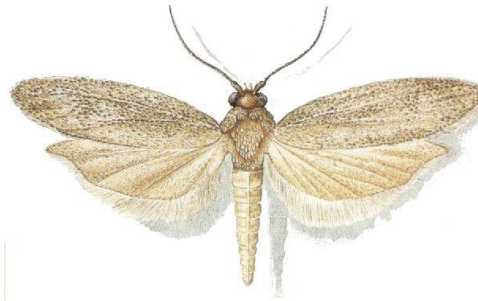
Distribución: Se le encuentra distribuida en todo el mundo. En México se le encuentra con mayor abundancia en la parte central y con menor incidencia en el resto del país.^{14, 33, 45, 56}

Biología.

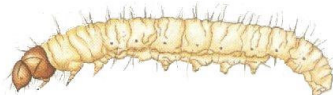
La hembra deposita unos 300 huevecillos entre la harina o impurezas de los granos. La larva es de color blanquecino o ligeramente rosada con unos pequeños puntos negros en el cuerpo, con tres pares de patas y cuatro pares de patas falsas cónicas en los segmentos abdominales; mide aproximadamente 12 mm de longitud cuando esta completamente desarrollada; mientras se alimenta va dejando hilos de seda y entretejiendo y apelmazando partículas de alimento, lo que llega a obstruir las operaciones de molienda del trigo. La larva hila un capullo de seda en el cual se transforma en una pupa de color café rojizo. La transformación de huevecillo en adulto se realiza en aproximadamente de 8 a 9 semanas. El adulto es de vida corta vive aproximadamente 15 días y no se alimenta de productos almacenados.^{6, 25, 33}

Daños que causa.

Se considera plaga secundaria de granos enteros y sanos y primaria de la harina de trigo y otras harinas de cereales y oleaginosas. La larva es la causante del daño.^{3, 6, 25, 45, 56}



Adulto



Larva

9.3.25. *Corcyra cephalonica* (Stainton)
"palomilla del arroz"

Descripción.

Aspecto: Alas anteriores de color canela claro, sin la presencia de manchas aunque las venas se notan ligeramente oscurecidas. Alas posteriores anchas en su base y terminando en punta, transparentes, con la venación muy visible y una banda de sedas pequeñas alrededor.^{3, 25, 33}

Tamaño: Aproximadamente 12 mm de ancho con las alas extendidas.^{3, 25, 56}

Color: Predomina el color canela claro de las alas anteriores.²⁵

Hábitat.

Alimento: Arroz, sorgo, ajonjolí, cacahuate, copra, cacao, chocolate, frutas secas, galletas y posiblemente otros productos alimenticios tales como pastas y macarrones.^{3, 25, 33, 56}

Distribución: Se le encuentra en todo el mundo. En México esta en menor abundancia que *Plodia interpunctella* y *Ephestia sp.* Infestando principalmente almacenamientos de arroz, maíz y sorgo.^{14, 33}

Biología.

La hembra ovípara de 100 a 200 huevecillos que tardan aproximadamente de 4 a 6 semanas para transformarse en adultos. La larva es blanca pudiendo tener un tinte gris azulado o verde por lo que se asemeja a la de la palomilla india; mide aproximadamente 12 mm de largo cuando esta completamente desarrollada, posee tres pares de apéndices locomotores y cuatro pares de propatas en los metámeros abdominales a partir del sexto. Su presencia se detecta por la existencia de grumos formados por la seda la que se pega los granos y las deyecciones y que finalmente pueden contener el capullo que prepara la larva para transformarse en pupa. El capullo es tenaz, de color blanco y puede encontrarse entre el grano o pegado a la superficie de los sacos. El adulto es de vida corta 10 a 16 días y no se alimenta de productos almacenados, solo se aparean.^{3, 25, 56}

Daños que causa.

Se le considera plaga primaria para el arroz y secundaria para otros granos sanos y secos. La larva es la causante del daño, pues es una plaga de los molinos debido a que secretan una seda más densa y fuerte que *Ephestia sp* y *Plodia interpunctella*.^{6, 33, 56}

| ANEXO 9.4. Condiciones climáticas para el desarrollo y reproducción de algunos insectos de almacén. ^{6, 25, 26, 31, 54} | | | | | | |
|---|-------------------|--------|--------|---------------------|--------|--------|
| Nombre Científico | Temperatura en °C | | | Humedad Relativa(%) | | |
| | Máxima | Optima | Mínima | Máxima | Optima | Mínima |
| <i>Acanthocelides obtectus</i> (Say) | 34 | 30 | 16-18 | 90 | 70-80 | 30 |
| <i>Callosobruchus maculatus</i> (Fabricius) | 35 | 30 | 18 | 90 | 70-80 | 25-30 |
| <i>Carpophilus dimidiatus</i> (Fabricius) | | 33 | | 100 | 70 | |
| <i>Corcyra cephalonica</i> (Stainton) | 32 | 26 | 18 | | | 30 |
| <i>Cryptolestes ferrugineus</i> (Stephens) | 36 | 20 | | | | |
| <i>Cryptolestes pusillus</i> (Shoeherr) | 42 | 33 | 20 | 90 | 70 | 40 |
| <i>Ephestia cautella</i> (Walker) | 38 | 28 | 15 | 100 | 70 | 45 |
| <i>Lasioderma serricorne</i> (Fabricius) | 37 | 30 | 20 | 100 | 70 | 22 |
| <i>Latheticus oryzae</i> Waterhouse | | 35 | 26 | | 70 | 30 |
| <i>Oryzaephilus mercator</i> (Fauvel) | 38 | 18 | 10 | 90 | 70 | 10 |
| <i>Oryzaephilus surinamensis</i> (Linneo) | 38 | 35 | 18 | 95-100 | 70 | 10 |
| <i>Plodia interpunctella</i> (Hubner) | 38 | 29 | 10 | 100 | 75 | 45 |
| <i>Rhyzopertha dominica</i> (Fabricius) | 39 | 34 | 18 | 70 | 50-60 | 25 |
| <i>Sitophilus granarius</i> (Linneo) | 34 | 23-26 | 11-15 | 100 | 65 | 40 |
| <i>Sitophilus oryzae</i> (Linneo) | 34 | 28 | 17 | 100 | 70 | 45 |
| <i>Sitophilus zeamais</i> (Motschulsky) | 34 | 28 | 17 | 100 | 70-80 | 45 |
| <i>Sitotroga cerealella</i> (Olivier) | 35 | 30-32 | 16 | 80 | 75 | 25 |
| <i>Tribolium castaneum</i> (Herbst) | 40 | 35-37 | 20 | 90 | 70 | 10 |
| <i>Tribolium confusum</i> Du Val | 38 | 32-33 | 20 | 90 | 70 | 10 |
| <i>Trogoderma granarium</i> Everts | 41 | 37 | 24 | 73 | 25 | 3 |
| <i>Prostephanus truncatus</i> (Horn) | | 30-32 | | | 80 | |
| <i>Zabrotes subfasciatus</i> (Boheman) | | 30 | | | 70 | |
| | | | | | | |

ANEXO 9.5. Ciclo de vida de algunos insectos de almacén ^{6, 25, 26, 31, 54}

| Especie | | Oviposición | Huevecillo- | Longevidad | Capacidad |
|----------------------------------|---------------------------------|------------------|-------------|-------------|------------------|
| Nombre científico | Nombre común | # de huevecillos | Adulto días | Adulto | para volar si/no |
| Orden Coleoptera | | | | | |
| <i>Acanthoscelides obtectus</i> | gorgojo pardo del frijol | 63-100 | 28-42 | 20 días | si |
| <i>Ahasverus advena</i> | gorgojo forastero de los granos | | 30 | | si |
| <i>Callosobruchus maculatus</i> | gorgojo del caupí | 100 | 23 | 20 días | si |
| <i>Carpophilus dimidiatus</i> | escarabajo del maíz podrido | | | | si |
| <i>Carpophilus hemipterus</i> | gorgojo de las frutas secas | 1000 | 15-28 | | si |
| <i>Cryptolestes pusillus</i> | gorgojo plano de los granos | 200-300 | 23-30 | 6-9 meses | si |
| <i>Lasioderma serricorne</i> | gorgojo del tabaco | 100 | 42-56 | 2-4 semanas | si |
| <i>Latheticus oryzae</i> | gorgojo cabecilargo del arroz | 450 | 42-56 | 12-18 meses | si |
| <i>Oryzaephilus surinamensis</i> | gorgojo aserrado | 300 | 21- 42 | 6 meses | no |
| <i>Prostephanus truncatus</i> | barrenador de los granos | 300 | 28-42 | 61 días | si |
| <i>Ptinus Tectus</i> | escarabajo araña | 75-120 | 30-45 | | no |
| <i>Rhizopertha dominica</i> | barrenillo de los granos | 300-400 | 28-70 | 4-6 meses | si |
| <i>Sitophilus granarius</i> | gorgojo del trigo. | 50-250 | 28-42 | 7-8 meses | no |
| <i>Sitophilus oryzae</i> | gorgojo del arroz | 300-400 | 26-42 | 4-5 meses | si |
| <i>Sitophilus zeamais</i> | gorgojo del maíz | 300-400 | 28-42 | 4-5 meses | si |
| <i>Stegobium paniceum</i> | gorgojo del pan | 100 | 42-56 | 2-4semanas | no |
| <i>Tenebrio monitor</i> | gorgojo negro de la harina | 275-1000 | 7-10 | 1-3 meses | no |
| <i>Tenebroides mauritanicus</i> | gorgojo grande y negro | 1000 | 70 | 12-24 meses | no |
| <i>Tribolium castaneum</i> | gorgojo castaño de la harina | 450 | **20 | 12-18 meses | si |
| <i>Tribolium confusum</i> | gorgojo confuso de la harina | 450 | 42-56 | 12-18 meses | no |
| <i>Trogoderma granarium</i> | gorgojo "khapra" | 50-80 | 28-42 | 14 días | no |
| <i>Zabrotes subfasciatus</i> | gorgojo pinto del frijol | 80 | 28-42 | 3-4 semanas | si |
| Orden Lepidoptera | | | | | |
| <i>Corcyra cephalonica</i> | palomilla del arroz | 100-200 | 28-42 | 10-16 días | si |
| <i>Ephestia kuhniella</i> | palomilla de la harina | 300 | 56-72 | 15 días | si |
| <i>Plodia interpunctella</i> | palomilla bandeada | 100-500 | 26 | 22 días | si |
| <i>Sitotroga cerealella</i> | palomilla dorada | 40-400 | 35 | 5-10 días | si |

ANEXO 9.6. Lista de Normas Oficiales Mexicanas de la Secretaria de Trabajo y Previsión Social (NOM-STPS).

| Clave | Título | Fecha de publicación |
|--------------------------|---|-----------------------------|
| NOM-003-STPS-1998 | Actividades agrícolas-uso de insumos fitosanitarios o plaguicidas e insumos de nutrición vegetal-condiciones de seguridad e higiene. | 06-01-99 |
| NOM-005-STPS-1998 | Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo para el manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas. | 02-02-99 |
| NOM-017-STPS-1993 | Relativa al equipo de protección personal para los trabajadores en los centros de trabajo. | 20-01-94 |
| NOM-030-STPS-1993 | Equipo de respiración. | 24-01-94 |
| NOM-113-STPS-1998 | Calzado de protección. | 22-01-96 |
| NOM-114-STPS-1994 | Sistema para la identificación y comunicación de riesgos por sustancias químicas en los centros de trabajo. | 30-01-96 |
| NOM-115-STPS-1994 | Casco de protección-especificaciones métodos de prueba y clasificación. | 31-01-96 |
| NOM-117-STPS-1995 | Guantes de protección contra sustancias químicas (uso domestico, general e industrial). | 22-04-96 |

