

Dedicatoria



Al Dr. Miguel Ángel Musálem Santiago (1942 – 2007)

Ingeniero Agrónomo Especialista en Bosques, Escuela Nacional de Agricultura, Chapingo. Estado de México, 1967; Magister Scientiae, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Turrialba, Costa Rica, 1973; Ph.D. School of Forestry and Environmental Studies, Yale University, New Haven, Connecticut, E. U. A. 1983.

Siempre reconoceremos el valor de una vida humana, de aquellas que de corazón dan sus días y sus horas a las causas nobles: como la educación, por esto dedicamos esta obra a un gran maestro, investigador y amigo, el cual siempre trabajó y se comprometió en el desarrollo forestal del país.

Hasta pronto querido colega.

Tecnologías de Granos y Semillas

Libros Técnicos: Serie Agricultura

1ª edición, México, 2009.

D.R.© Rosa Martínez Ruiz, Gustavo E. Rojo Martínez, Cipriano García Gutiérrez, Benito Ramírez Valverde, Jesús Jasso Mata, Eusebio Nava Pérez, Miguel Ángel Apodaca Sánchez, Jesús Ricardo Camacho Báez, Adolfo Dagoberto Armenta Bojórquez, N. Bautista Martínez, M. B. González Maldonado, José Lorenzo Meza García, Edgardo Cortes Mondaca, Adolfo Dagoberto Armenta Bojorquez, Ninfa María Rosas García, Rey David Ruelas Ayala, Guadalupe Vejar Cota, Martha Aguilera Peña, Ramón Díaz Ruiz y Pascual Vázquez Peñate.

Diseño de portada: Gustavo E. Rojo Martínez

Portada: “Principales granos producidos en las zonas de riego de Sinaloa”

Foto: Gregorio Reyes Figueroa, Junio de 2009, Los Mochis, Sinaloa.

ISBN: 963-734-412-7

Impreso y hecho en México

Printed and made in México

Publicado por:

Universidad Autónoma Indígena De México

Benito Juárez # 39, C. P. 81890

Tels. (698) 89 2 00 42 Ext. 120.

Mochichahui, El Fuerte, Sinaloa. www.uaim.edu.mx

CIIDIR-IPN Unidad Sinaloa

Blvd. Juan de Dios Batiz Paredes #250, Apdo. Postal 280

Tel/Fax (687)8729626 y 8729625

Guasave, Sinaloa, México

Correo electrónico: ciidirs@ipn.mx

Colegio De Postgraduados. Campus Puebla

Km. 125.5 Carretera Federal México-Puebla. C. P. 72760

Tels. (222) 2-85-00-13, 2-85-14-42, 45 y 47.

Puebla, Pue. México. www.colpos.mx

Este libro no puede ser fotocopiado ni reproducido total o parcialmente por ningún otro medio o método sin la autorización por escrito de los editores.

Tecnologías de Granos y Semillas

Libros Técnicos: Serie Agricultura

Coordinadores

Rosa Martínez Ruiz
Gustavo E. Rojo Martínez
UAIM

Cipriano García Gutiérrez
CIIDIR-IPN
UNIDAD SINALOA

Benito Ramírez Valverde
COLEGIO DE
POSTGRADUADOS
CAMPUS PUEBLA



Cuerpo Académico Desarrollo Sustentable
Universidad Autónoma Indígena de México



uaim



Tecnologías de Granos y Semillas

Libros Técnicos: Serie Agricultura

Coordinadores

Rosa Martínez Ruiz
Gustavo E. Rojo Martínez
UAIM

Cipriano García Gutiérrez
CIIDIR-IPN
UNIDAD SINALOA

Benito Ramírez Valverde
COLEGIO DE
POSTGRADUADOS
CAMPUS PUEBLA



Cuerpos Académicos

Desarrollo Sustentable
Universidad Autónoma Indígena de México

Escuela Superior de Agricultura del Valle del Fuerte
Universidad Autónoma de Sinaloa

Área de Bioinsecticidas
Departamento Agropecuario
CIIDIR IPN Unidad Sinaloa

Biología Ambiental
Centro de Biotecnología Genómica
Instituto Politécnico Nacional

Entomología
Control Biológico de Plagas
CIIDIR IPN Unidad Durango

Ciencias Biológicas
Universidad de Occidente
Unidad Guasave

Plagas de Hortalizas
Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo

Entomología
INIFAP-Campo Experimental Valle del Fuerte

Tecnologías de Granos y Semillas

Libros Técnicos: Serie Agricultura

Coordinadores

Cipriano García Gutiérrez
CIIDIR IPN UNIDAD SINALOA

Rosa Martínez Ruiz
Gustavo E. Rojo Martínez
UAIM

Benito Ramírez Valverde
COLEGIO DE POSTGRADUADOS

Autores

Cipriano García Gutiérrez

Eusebio Nava Pérez

Miguel Ángel Apodaca Sánchez

Jesús Ricardo Camacho Báez

Adolfo Dagoberto Armenta Bojórquez

Nestor Bautista Martínez

María Berenice González Maldonado

José Lorenzo Meza García

Edgardo Cortes Mondaca

Adolfo Dagoberto Armenta Bojorquez

Ninfa María Rosas García

Rey David Ruelas Ayala

Guadalupe Vejar Cota

Martha Aguilera Peña

Rosa Martínez Ruiz

Gustavo E. Rojo Martínez

Jesús Jasso Mata

Pascual Vázquez Peñate

Ramón Díaz Ruiz

CONTENIDO

Prólogo	I
Inocuidad alimentaria y sistemas de producción más limpia en granos almacenados Eusebio Nava Pérez y Cipriano García Gutiérrez.....	1
Micotoxinas comunes en granos almacenados Eusebio Nava Pérez, Miguel Ángel Apodaca Sánchez y Jesús Ricardo Camacho Báez.....	29
Contaminantes biológicos de los granos almacenados de importancia socioeconómica en Sinaloa Miguel Ángel Apodaca Sánchez, Eusebio Nava Pérez y Adolfo Dagoberto Armenta Bojórquez.....	55
Principales plagas de granos almacenados Cipriano García Gutiérrez, Nestor Bautista Martínez N. y María Berenice González Maldonado.....	85
Manejo integrado de plagas en granos almacenados José Lorenzo Meza García, Jesús Ricardo Camacho Báez y Edgardo Cortes Mondaca	109
Control de plagas de granos almacenados con insecticidas biorracionales en el norte de Sinaloa Adolfo Dagoberto Armenta Bojórquez, Jesús Ricardo Camacho Báez y Miguel Ángel Apodaca Sánchez.....	129
Hongos entomopatógenos: una opción sustentable para el control de plagas de granos almacenados Cipriano García Gutiérrez, Ninfa María Rosas García y Rey David Ruelas Ayala.....	141

La Mosca de los Estigmas [<i>Chaetopsis massyla</i> (Walker), <i>Eumecosomyia nubila</i> (Wiedemann) y <i>Euxesta stigmatias</i> (Loew)] en maíz; bioecología y manejo Edgardo Cortez Mondaca, José Lorenzo Meza García y Jesús Ricardo Camacho Báez.....	153
Situación actual de la mosquita blanca de los cereales (Hemiptera: aleyrodidae) en México Guadalupe Vejar Cota.....	171
Normatividad fitosanitaria aplicada en la producción y comercialización de granos y semillas Martha Aguilera Peña.....	193
Manejo y almacenamiento de semillas forestales Rosa Martínez Ruiz, Gustavo E. Rojo Martínez, Jesús Jasso Mata y Pascual Vázquez Peñate.....	217
Diversidad morfológica de las habas (<i>Vicia faba</i> L.) cultivadas en regiones productoras de México y rendimiento de grano Ramón Díaz Ruiz.....	263

PRÓLOGO

En Sinaloa la actividad agrícola genera alrededor de 5.5 millones de toneladas de granos almacenados (maíz, frijol, trigo, sorgo y garbanzo), los cuales son distribuidos en 250 centros de acopio tecnificados, además de un buen número de silos y bodegas rústicas. En estos lugares, los gorgojos de los graneros, palomilla del trigo, barrenadores de granos, y gorgojos del frijol, así como los contaminantes biológicos están aumentando cada año, por las condiciones de alta temperatura y humedad atribuibles al cambio climático, causando del 3 al 12% de daños en los granos almacenados, lo que se traduce en importantes pérdidas económicas. En esta obra se proporciona información sobre estas plagas, así como alternativas de control de estos agentes utilizando bioinsecticidas y productos biorracionales, dentro de un esquema de manejo sustentable, normatividad e inocuidad alimentaria, que será de utilidad a investigadores, técnicos, productores y estudiantes que trabajan en esta área.

Atentamente

“Toda la Gente, Todos los Pueblos”

Los Coordinadores

Mochicahui, El Fuerte, Sinaloa

Junio de 2009

INOCUIDAD ALIMENTARIA Y SISTEMAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN GRANOS ALMACENADOS

Eusebio Nava Pérez
Cipriano García Gutiérrez

INTRODUCCIÓN

La inocuidad de los alimentos utilizados por el hombre es un tema cada vez más importante a nivel mundial. Durante la Conferencia Internacional sobre Nutrición de 1992 y la Cumbre Mundial sobre la Alimentación de 1996, los gobiernos reconocieron la importancia de la calidad e inocuidad de los alimentos como parte integrante de la seguridad alimentaria. En su definición básica, Inocuidad Alimentaria significa la garantía de que el consumo de alimentos no cause daño a la salud de los consumidores, esto se puede alcanzar minimizando los riesgos biológicos, químicos y físicos en los procesos producción-consumo. Por otra parte, Calidad Alimentaria en su concepto más amplio incluye no sólo la calidad por atributos (tamaño, color, olor, apariencia y sabor) sino además factores adicionales tales como: aspectos nutricionales, integridad, autenticidad, éticos, culturales, religiosos, así como aquellos relacionados al medio ambiente. Por ejemplo, los consumidores de algunos países consideran como productos de baja calidad a aquellos que fueron producidos ya sea mediante el uso de la mano de obra infantil o aquellos que dañaron al medio ambiente (éticos); por medio de la biotecnología (OMG's) o irradiación y mediante procedimientos tipo kosher o halal (cultural y religiosos). En términos prácticos los aspectos de Calidad Alimentaria están íntimamente relacionados a los de Inocuidad Alimentaria, debido a que ambos aspectos son manejados íntegramente a lo largo de la cadena producción-consumo. En este capítulo se da la información sobre la normatividad que regula a los productos agroalimenticios en términos de inocuidad y producción más limpia que garanticen la calidad de los productos.

Tipos de contaminantes presentes en los alimentos

- **Biológicos.** Es la producida por agentes vivos o microorganismos (bacterias, virus, parásitos) o cualquier metabolito primario o secundario que estos

produzcan. Su peligro radica en que, generalmente, estos agentes no alteran de manera visible los alimentos (cambios de color, olor o textura), por lo que no despiertan ninguna sospecha y pueden causar enfermedad.

- **Químicos.** Es la producida por sustancias químicas. Por ejemplo, plaguicidas, metales pesados, hormonas, etc., también se considera contaminación química, la presencia de aditivos no autorizados en cantidades que superen los límites legalmente establecidos.
- **Físico.** Suele deberse a la presencia de sustancias extrañas al alimento: trozos de huesos, plumas, piedras, plásticos, grapas, maderas, cristales, etc. (AESAs, 2006).

De todos estos contaminantes, los que han tenido menos atención son los de origen biológico, principalmente aquellos producidos como metabolitos secundarios por algunos hongos fitopatógenos que se desarrollan en los diferentes granos, ya sea en el campo o en los almacenes.

Dentro de la amplia gama de las toxinas naturales, las micotoxinas figuran entre las más estudiadas y suscitan una considerable preocupación a causa de su ubicuidad y de sus posibles efectos perjudiciales para la salud de los seres humanos y los animales. Cuando ingerimos un alimento, pasan a nuestro cuerpo no sólo las sustancias nutritivas que posee, sino también otras que se pueden haber añadido de forma no intencionada: los llamados contaminantes según la (FAO, 1999). Pueden estar presentes en prácticamente todos los tipos de alimentos, incluyéndose los granos y sus derivados. Hongos como *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium*, y otros pueden producir toxinas como resultado de su metabolismo secundario, las cuales son excretadas al exterior contaminando los diversos substratos que colonizan. Todos los granos, incluyendo el maíz pueden ser colonizados por estos hongos. La contaminación con sus micotoxinas puede ocurrir en cualquier punto en la cadena de producción, almacenamiento o industrialización.

México es un país importante como productor y consumidor de granos. Con una producción total de 10.2 millones de toneladas anuales para consumo humano y 5 millones para consumo animal e industrias no relacionadas con productos alimenticios. En México el 75% de los granos básicos se produce

bajo condiciones de temporal, por agricultores a pequeña y mediana escala, quienes después de la cosecha se enfrentan con el problema de conservación del grano para autoconsumo y de semilla para el siguiente ciclo agrícola. Los granos son atacados por insectos, hongos y roedores que disminuyen la cantidad y calidad del producto almacenado. Ramírez (1974) reportó pérdidas de 25% en los granos almacenados por los productores en México, y en las regiones tropicales alcanza hasta 50% (Rodríguez, 1990). Entre los granos, el maíz destaca por su gran utilización como alimento de consumo humano. Todos los granos son altamente susceptibles a ser contaminados por micotoxinas cuando son colonizados principalmente por hongos de los géneros *Aspergillus* y *Fusarium*. Las aflatoxinas producidas por *A. flavus* y *A. parasiticus* y las fumonisinas, zearalenona y deoxinivalenol por varias especies de *Fusarium*, son ejemplos de toxinas producidas por dichos hongos en maíz. La inocuidad de los granos y los posteriores subproductos que de ellos se produzcan es elemental, para proteger la salud de los consumidores (Bucio, 2003).

La infestación inicial de plagas y hongos ocurre en campo durante el período de secado del grano, previo y posterior a la cosecha y tiene una duración de uno a cinco meses. El alto contenido de humedad en el grano durante el almacenamiento favorece el desarrollo de insectos, ácaros, hongos y microorganismos, los cuales al alimentarse disminuyen la cantidad y calidad alimenticia y comercial de grano (Ramírez *et al.*, 1993).

Otro aspecto importante que se relaciona con las plagas de almacén es la inocuidad alimentaria. Aguilera (1988a) estimó que 70% de los productores a pequeña escala hace uso de insecticidas para el control de plagas de almacén. Sin embargo, la mayoría no los aplica en forma adecuada, lo que pone en riesgo la salud de los consumidores y favorece en los insectos el desarrollo de resistencia a los productos utilizados.

La proliferación de hongos en granos almacenados, afecta el aspecto y la calidad del grano, y en el caso de semilla, el poder de germinación. En ocasiones, las sustancias producidas por el metabolismo de los patógenos, resultan tóxicas para el humano y los animales que lo consumen (Ramírez *et al.*, 1993). Algunos de los hongos identificados representan un peligro para la salud del hombre y de los animales domésticos, ya que producen sustancias tóxicas denominadas micotoxinas; entre los más importantes se encuentran los del género *Fusarium sp.* (Moreno, 1988).

En campo la contaminación se puede dar a medida que los granos se van formando, o cuando éstos posteriormente son almacenados o industrializados. De esta manera los substratos que pueden estar contaminados son muy diversos: granos enteros, granos molidos, harinas, pastas, salvados, germen, alimentos balanceados de uso animal, productos de panadería, etc. Se considera que el daño producido por las micotoxinas en los seres humanos puede ser variable. Las aflatoxinas son unas de las toxinas más peligrosas, habiéndose demostrado que el consumo repetido de dosis bajas tienen un efecto mutagénico, teratogénico y cancerígeno en animales controlados de laboratorio, además de ser tóxicas a dosis altas. El consumo de alimentos contaminados con aflatoxinas ha sido correlacionado con cáncer hepático de algunas poblaciones humanas de África y Asia.

Para poder garantizar la inocuidad que los granos se conserven en buen estado y libres de contaminantes biológicos que pongan en riesgo la salud del consumidor se deben tomar ciertas medidas de seguridad y un buen método para hacerlo es la implementación de un sistema de Análisis de Peligros y Puntos de Control Crítico (APPCC) y de producción más limpia.

Sistema de APPCC

Este sistema se creó inicialmente como forma de asegurar la inocuidad microbiológica en los albores del programa estadounidense de viajes espaciales tripulados, con el fin de garantizar la inocuidad de los alimentos de los astronautas. Hasta entonces, la mayoría de los sistemas de inocuidad de los alimentos se basaban en el análisis de los productos finales y no podían garantizar de forma absoluta la inocuidad, ya que no era posible analizar la totalidad de los productos. Se necesitaba un sistema dinámico, centrado en los procesos, y así nació el concepto de análisis de peligros y de puntos críticos de control.

El sistema original fue concebido por la Pilsbury Company, en colaboración con la NASA y los laboratorios del ejército de los Estados Unidos en Natick. Se basó en la técnica de ingeniería conocida como Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE) que analiza lo que podría ir mal en cada fase del funcionamiento, así como las posibles causas y los probables efectos, antes de aplicar mecanismos de control eficaces.

El sistema de APPCC identifica, evalúa y controla los peligros importantes para la inocuidad de los alimentos. Se trata de un enfoque estructurado y sistemático para

controlar la inocuidad de los alimentos en la totalidad del sistema del producto, desde el campo hasta la mesa. Requiere un buen conocimiento de la relación entre causa y efecto, con objeto de actuar de forma más dinámica, y es un elemento clave de la Gestión de la Calidad Total (GCT). El sistema de APPCC se basa en la existencia de sistemas de gestión de la calidad sólidamente implantados, como las buenas prácticas de fabricación (BPF), las buenas prácticas de higiene (BPH), las buenas prácticas agrícolas (BPA) y las buenas prácticas de almacenamiento (BPAL). El concepto APPCC se ha aplicado con éxito en los Estados Unidos en el control tanto de la calidad como de la inocuidad de alimentos poco ácidos envasados, y numerosas empresas alimentarias de Europa y los Estados Unidos han adoptado este enfoque. Cada vez más, los organismos de reglamentación han reconocido la utilidad de este instrumento, y sus “principios” se han incorporado en las prescripciones legislativas tanto de la UE (Directiva 93/43/EEC sobre higiene de los alimentos) como del Departamento de Agricultura del Gobierno Federal de los Estados Unidos (CPR - 123).

El Comité Asesor Nacional sobre Criterios Microbiológicos para los Alimentos (NACMCF) de los Estados Unidos proporcionó en 1992 directrices sobre APPCC, en las que se incluían planes genéricos y árboles de decisiones, y la Comisión del Codex Alimentarius adoptó el sistema de APPCC en su 20º período de sesiones de 1993. Los sistemas de APPCC pueden incorporarse en otros sistemas de garantía de la calidad como los de la serie ISO 9000.

Aunque el sistema de APPCC se concibió como un método para asegurar la inocuidad de los alimentos tanto en el sector agrícola como en el de elaboración, hasta ahora se ha aplicado sobre todo en este último. Esto se debe principalmente a que es mucho más fácil aplicar un sistema de APPCC en una fábrica, donde existe un único administrador o “propietario” y en la que es posible prevenir por completo un peligro para la inocuidad de los alimentos, o bien eliminarlo o reducirlo a un nivel aceptable. En el sistema del producto, éste tiene a menudo muchos “propietarios” diferentes en su recorrido desde la granja al consumidor y puede ser imposible conseguir un control completo (FAO, 2003).

Sistemas de producción más limpia

Producción más limpia es la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva e integrada para los procesos, productos y servicios con el objetivo de incrementar la eficiencia y reducir los riesgos sobre la población humana y el ambiente.

En los procesos se orienta a:

- La conservación y ahorro de materias primas, agua y energía, entre otros insumos.
- La reducción y minimización de la cantidad y peligrosidad de residuos (sólidos, líquidos y gaseosos).
- La sustitución de materias primas peligrosas y la reducción de los impactos negativos que acompañan su extracción, almacenamiento, uso o transformación.

En los productos se orienta a:

- La reducción de los impactos negativos que acompañan el ciclo de vida del producto, desde la extracción de las materias primas hasta su disposición final.

En los servicios se orienta a:

- La incorporación de la dimensión ambiental tanto en el diseño como en la prestación de los servicios.

Esto implica cambios de actitud, gestión responsable, evaluar nuevas tecnologías, crear políticas e incrementar el valor a los clientes (CET-Perú, 2005).

Los beneficios para las empresas que implementan prácticas de producción más limpia incluyen:

- **Mejoras en la productividad y la rentabilidad:** los cambios a efectuarse en la producción conllevan a un aumento en la rentabilidad, debido a un mejor aprovechamiento de los recursos y a una mayor eficiencia en los procesos, entre otros.
- **Mejoras en el desempeño ambiental:** un mejor uso de los recursos reduce la generación de residuos, los cuales pueden, en algunos casos, reciclarse, reutilizarse o recuperarse. Consiguientemente, se reducen los costos y se simplifican las técnicas requeridas para el tratamiento al final del proceso y

para la disposición final de los residuos.

- **Mejoras en la imagen:** por ser amigables con el medio ambiente.
- **Mejoras en el entorno laboral:** contribuye a la seguridad industrial, higiene, relaciones laborales, motivación, etc.
- **Adelantarse a gestiones futuras inevitables:** a corto o mediano plazo, las empresas deberán adecuarse a la reglamentación ambiental. Ante esta realidad, es preferible ser parte de la gestión del cambio antes de que se imponga por la reglamentación o por las exigencias del mercado, tomando en cuenta que los recursos son limitados y, en el largo plazo, las empresas no tendrán derecho a “derrochar” recursos, que a otros les pueden faltar, aunque paguen por ellos.

Las estrategias de producción más limpia:

Siempre:

- Reducen las responsabilidades a largo plazo que las empresas pudieran enfrentar luego de muchos años de estar generando contaminación.

Usualmente:

- Incrementan la rentabilidad.
- Reducen los costos de producción.
- Aumentan la productividad.
- Generan una rápida recuperación de capital sobre cualquier inversión que haya sido necesaria.
- Aumentan la competitividad y por ende el mercado de un producto.
- Conllevan un uso más eficiente de la energía y la materia prima.
- Mejoran la calidad del producto.
- Aumentan la motivación del personal.
- Motivan la participación activa del trabajador quien aporta ideas y contribuye en su implementación.
- Reducen los riesgos del consumidor.
- Reducen el riesgo de accidentes ambientales.
- Son apoyadas por los empleados, las comunidades locales, clientes y el público en general.

A menudo

- Evitan los costos por incumplimiento de las leyes.
 - Disminuyen el costo de los seguros.
 - Hacen más factible recibir financiamiento de instituciones financieras y otros prestamistas.
 - Son rápidas y fáciles de implementar.
 - Requieren una mínima inversión de capital.
- (CEPTS, 2006).

Normatividad mexicana respecto a la inocuidad alimentaria en la industria de los granos y sus derivados

- Norma Oficial Mexicana **NOM-147-SSA1-1996**, bienes y servicios. Cereales y sus productos. Harinas de cereales, alimentos a base de cereales, de semillas comestibles, harinas o sus mezclas y productos de panificación. Disposiciones y especificaciones sanitarias y nutrimentales.

En los apartados 5, 6 y 7 refieren lo siguiente:

5. Harinas de cereales.

5.1 Disposiciones Sanitarias.

Los cereales que se empleen como materia prima en la elaboración de los productos objeto de este apartado deben ajustarse a la siguiente disposición:

5.1.1 El productor de grano, el comercializador del mismo y el industrial, cada uno en el ámbito de su responsabilidad deben observar que los plaguicidas que se empleen en el tratamiento de granos y semillas almacenados, en medios de transporte, en áreas de almacenamiento, espacios vacíos y para el control de roedores, así como para la desinfección y protección de granos almacenados a granel o en costales, cumplan con los límites de uso y no excedan los niveles máximos residuales establecidos en el Catálogo Oficial de Plaguicidas vigente.

5.2 Especificaciones Sanitarias:

Los productos objeto de este apartado, además de sujetarse a lo establecido en el Reglamento deben cumplir con las siguientes especificaciones:

5.2.1 Físicas:

Determinación	Límite máximo
Humedad	15%
Materia extraña	No más de 50 fragmentos de insectos, no más de un pelo de roedor y estar exentos de excretas, en 50 g de producto

5.2.2 Microbiológicas:

Harinas	Mesofílicos aerobios UFC/g	Coliformes totales UFC/g	Mohos UFC/g	Microorganismos esporulados UFC/g
Trigo	50,000	150	200	200
Maíz	100,000	100	1000	200
Maíz nixtamalizado	50,000	100	1000	200
Centeno	100,000	100	200	200
Cebada	100,000	100	200	200
Avena	50,000	50	100	200
Arroz	100,000	100	200	200
Integrales	500,000	500	500	5,000

5.2.3 Contaminantes:

Determinación	Límite máximo
Aflatoxinas	20 µg / kg

5.2.4 Metales pesados o metaloides:

Metal pesado	Límite máximo mg/kg
Pb	0,5
Cd	0,1

6. Alimentos a base de cereales, de semillas comestibles, harinas o sus mezclas.

6.1 Disposiciones Sanitarias.

Los productos señalados en este apartado, además de cumplir con lo establecido en el Reglamento, deben ajustarse a la siguiente disposición:

6.1.1 La materia prima que se utilice en la elaboración de estos productos debe cumplir con los límites de micotoxinas establecidos en el Reglamento y en la norma correspondiente NOM-000-SSA1-1994, Harinas de cereales. Disposiciones y especificaciones sanitarias y nutrimentales.

6.1.2 Los productos objeto de este apartado que hayan sido modificados en su composición, deben sujetarse a lo establecido en el Reglamento y a la NOM-086-SSA1-1994 Alimentos y Bebidas no Alcohólicas con Modificaciones en su Composición. Especificaciones Nutrimentales.

6.2 Especificaciones Sanitarias.

Los productos objeto de este apartado, deben cumplir con las siguientes especificaciones:

6.2.1 Microbiológicas.

Especificaciones	Límite Máximo
Mesofilicos aerobios	10 000 UFC/g
Coliformes totales	<30 UFC/g
Mohos	300 UFC/g

6.2.2 Metales pesados o metaloides.

Especificaciones	Límite Máximo mg/kg
As	0,5
Hg	0,05
Pb	0,5
Cd	0,1

6.2.3 Materia extraña.

Máximo 50 fragmentos de insectos/ 50 g de producto

Máximo 1 pelo de roedor/ 50 g de producto

7. Productos de panificación.

7.3 Especificaciones sanitarias.

7.3.1 Microbiológicas.

7.3.1.1 Para el pan blanco, pan de harinas integrales y productos de bollería:

Especificaciones	Límite Máximo
Mesofilicos aerobios	1000 UFC/g
Coliformes totales	<10 UFC/g
Mohos	20 UFC/g
Levaduras	20 UFC/g

7.3.1.2 Pan de dulce.

Especificaciones	Límite Máximo
Mesofilicos aerobios	5000 UFC/g
Coliformes totales	20 UFC/g
Mohos	50 UFC/g
Levaduras	50 UFC/g
<i>Staphylococcus aureus</i> *	< 100 UFC/g

* Debe determinarse únicamente en el producto que contenga relleno o cobertura a base de huevo, frutas, leche, crema pastelera u otro alimento preparado.

7.3.1.3 Galletas.

Especificaciones	Límite Máximo
Mesofilicos aerobios	3000 UFC/g
Coliformes totales	<10 UFC/g
Mohos	20 UFC/g
Levaduras	20 UFC/g

7.3.1.4 Galletas con relleno o cobertura o sus combinaciones.

Especificaciones	Límite Máximo
Mesofilicos aerobios	5000 UFC/g
Coliformes totales	20 UFC/g
Mohos	50 UFC/g
Levaduras	50 UFC/g

7.3.1.5 Pasteles, panqués y pays.

Especificaciones	Límite Máximo
Mesofilicos aerobios	10000 UFC/g
Coliformes totales	20 UFC/g
Mohos	50 UFC/g
Levaduras	50 UFC/g
<i>Salmonella</i> en	25 g Negativo
<i>Escherichia coli</i> ¹	Negativo
<i>Staphylococcus aureus</i> **	100 UFC/g

** Esta especificación debe determinarse únicamente en pasteles y pays, que contengan relleno o cobertura a base de huevo, frutas, leche, crema pastelera u otro alimento preparado.

¹ Se determinará únicamente bajo situaciones de emergencia sanitaria, cuando la Secretaría de Salud de acuerdo al muestreo y los resultados de los análisis microbiológicos detecte la presencia de dicho microorganismo.

7.4 Materia extraña.

No más de 50 fragmentos de insectos, exentos de pelos de roedor y de excretas, en 50 g de producto.

7.5 Metales pesados y metaloides.

Especificaciones	Límite Máximo (mg/kg)
Cd	0,15
Pb	0,50

- Norma Oficial Mexicana **NOM-184-SSA1-2002** productos y servicios. leche formula láctea y producto lácteo combinado. especificaciones sanitarias.

En el apartado 6 refiere lo siguiente:

6. Especificaciones sanitarias

Los productos objeto de esta Norma deben ajustarse a las siguientes especificaciones:

6.1 El proveedor de las materias primas y los establecimientos donde se procesen o comercialicen los productos objeto de esta norma, cada uno en el ámbito de su responsabilidad deben observar que las sustancias empleadas para la eliminación de plagas en cualquier parte del proceso cumplan con las especificaciones establecidas en el Catálogo Oficial de Plaguicidas vigente del CICOPLAFEST.

6.14 Contaminantes.

Producto	Límite Máximo			Aflatoxina M ₁ □g/L
	Metales Pesados O Metaloides			
	Arsénico (As) mg/kg	Mercurio (Hg) mg/kg	Plomo (Pb) mg/kg	
Pasteurizados	0.2	0.05	0.1	0.5
Ultrapasteurizados	0.2	0.05	0.1	0.5
Esterilizados	0.2	0.05	0.1	0.5
Deshidratados	0.2	0.05	0.1	0.5

- Norma Oficial Mexicana **NOM-187-SSA1/SCFI-2002**, productos y servicios. masa, tortillas, tostadas y harinas preparadas para su elaboración y establecimientos donde se procesan. especificaciones sanitarias. información comercial. métodos de prueba.

6.1.3 El proveedor de las materias primas y los establecimientos donde se procesen o comercialicen los productos objeto de esta norma, cada uno en el ámbito de su responsabilidad deben observar que las sustancias empleadas para la eliminación de plagas en cualquier parte del proceso cumplan con las especificaciones establecidas en el Catálogo Oficial de Plaguicidas vigente del CICOPLAFEST.

6.2.5.1.2 Características Fisicoquímicas.

Especificación	Límite Máximo
Hidróxido de calcio u Óxido de calcio	90 % Mínimo
Hidróxido de magnesio	5 %
Plomo	8 mg/kg
Flúor	40 mg/kg
Arsénico	3mg/kg

6.3.1.2 Materia extraña.

Producto	Límite Máximo
Masa, tortillas, tostadas y harinas para prepararlas	No mas de 50 fragmentos de insectos, no mas de un pelo de roedor y estar exentos de insectos enteros y excretas, así como de cualquier otra materia que represente un riesgo a la salud, en 50 g de productos

6.3.3 Microbiológicas.

Producto	Límite Máximo de Coliformes Totales (ufc/g)
Masa	2000
Tortillas	<30
Harinas para preparar tortillas de trigo	150
Harinas de maíz nixtamalizado para preparar tortillas y tostadas	100
Harinas integrales para preparar tortillas	500

6.3.4.1 Aflatoxinas.

Tabla 6. Especificaciones de Aflatoxinas

Producto	Límite Máximo (µg/kg)
Masa	
Tortillas de maíz nixtamalizado	
Tostadas de maíz nixtamalizado	12
Harinas de maíz nixtamalizado para preparar tortillas y tostadas	
Tortillas de trigo	
Tortillas integrales	20
Harinas para preparar tortillas de trigo	
Harinas integrales para preparar tortillas	

6.3.4.2 Metales pesados y metaloides.

6.3.4.2.1 El fabricante de los productos objeto de esta norma, debe establecer mecanismos que permitan determinar la presencia y cantidad de plomo y cadmio que correspondan en las materias primas, en el producto en proceso de elaboración o en el producto terminado. La información generada debe estar a disposición de la secretaría cuando ésta así lo requiera.

- Norma Oficial Mexicana **NOM-188-SSA1-2002**, productos y servicios. Control de aflatoxinas en cereales para consumo humano y animal. Especificaciones sanitarias.

En el apartado 5 refiere lo siguiente:

5. Especificaciones sanitarias

5.1 Unidades de transporte.

5.1.1 Cereales de importación.

5.1.1.1 Deben sujetarse a lo que se establece en la **NOM-028-FITO-1995** señalada en el apartado de referencias.

5.1.2 Movilización dentro del Territorio Nacional.

5.1.2.1 Deben someterse a limpieza, hasta eliminar suciedad, residuos vegetales, suelo, excretas, restos de animales, fauna nociva, telarañas, productos químicos,

sus envases, o cualquier producto o sustancia nociva para el producto.

5.1.2.2 En caso de que se apliquen plaguicidas, deben estar autorizados por CICOPLAFEST.

5.2 Almacenamiento de cereales destinados para consumo humano.

Los cereales objeto de esta Norma, además de cumplir con lo establecido en el Reglamento, deben ajustarse a las siguientes disposiciones:

5.2.1 Disposiciones previas a la recepción.

Las bodegas y almacenamiento en intemperie deben:

5.2.1.1 Notificar la apertura a la SSA.

5.2.1.2 Establecer un programa de control de fauna nociva.

5.2.1.3 Someterse a limpieza.

5.2.1.4 En caso de que se apliquen plaguicidas, éstos deben estar autorizados para estos fines por CICOPLAFEST.

5.2.1.5 Establecer por escrito, en su caso, los lugares en los que se almacenarán cereales que rebasen el límite máximo de AF señalado en esta Norma.

5.2.1.6 En el caso de los almacenamientos en intemperies, deben contar con dispositivos que eviten el contacto de los cereales con el suelo y contar con termopares. No deben presentar filtraciones o roturas.

5.2.1.7 Las bodegas deben ser edificios provistos de paredes, pisos y puertas, techados o que puedan ser cubiertos, en los que no deben existir goteras, nidos, fisuras o puertas en mal estado. Asimismo deben contar con termopares.

5.2.2 Durante el almacenamiento.

5.2.2.1 No deben almacenarse en la misma bodega cereales con concentraciones 20 g/kg de AF y los que rebasen este valor.

5.2.2.2 Durante la recepción, el grano debe ser secado a la brevedad hasta alcanzar una humedad 14,5 %, misma que se debe conservar o disminuir durante todo el tiempo que permanezca almacenado.

5.2.2.3 Se permite la aplicación a los cereales de fungistato, siempre y cuando se emplee de acuerdo con las instrucciones del fabricante especificadas en la etiqueta.

5.2.2.4 Los cereales no podrán estar en contacto con el suelo.

5.3 Contaminantes.

5.3.1 Los cereales no deben exceder de 20 µg/kg de aflatoxinas totales.

5.3.2 En el caso de observarse concentraciones desde 21 y hasta 300 µg/kg, el cereal únicamente podrá utilizarse para consumo animal, de acuerdo con el Apéndice Normativo A.

Apéndice normativo a

A. De los límites permitidos para consumo animal.

Los cereales con una concentración mayor de 20 µg/kg de aflatoxinas y que se destinen para consumo directo o como parte de alimentos procesados, deberán ajustarse a lo dispuesto en la siguiente tabla.

Especie/etapa de producción	Límite Máximo µg/kg
Aves (excepto pollos de engorda)	100
Cerdos en engorda:	
Entre 25 y 45 kg	100
Mayores de 45 kg	200
Maduros destinados a reproducción	100
Rumiantes:	
Maduros destinados a reproducción	100
De engorda en etapa de finalización	300

Reglamentación sobre el contenido de micotoxinas en alimentos

- **Mundial**

En el cambiante mundo actual la seguridad y la inocuidad han permanecido generalmente como necesidades humanas básicas. El aseguramiento de la inocuidad de los alimentos se ha constituido en los últimos años en una meta importante de acción internacional y nacional. Resultan preocupantes tanto los peligros microbiológicos como los químicos. Entre los peligros químicos la Organización Mundial de la Salud ha caracterizado recientemente la contaminación de los alimentos y de las raciones con micotoxinas (metabolitos tóxicos de los hongos), de los productos de la pesca con ficotoxinas (toxinas producidas por las algas) y de las especies de plantas comestibles por sus toxinas vegetales como fuentes importantes de las enfermedades transmitidas por los alimentos (OMS, 2002). De estas tres categorías de toxinas naturales, las micotoxinas son las que más atención han merecido hasta ahora. En varias partes del mundo, las micotoxinas actualmente representan un tema de la mayor importancia relacionado con la inocuidad de los alimentos. Comprender los serios efectos que las micotoxinas pueden tener sobre los seres humanos y los animales ha llevado a muchos países en las últimas décadas a fijar reglamentos para las micotoxinas en los alimentos y en las raciones como forma de proteger la salud humana y los intereses económicos de los productores y del comercio. Fijar reglamentos para las micotoxinas es una actividad compleja que involucra muchos factores y partes interesadas. Los primeros límites para las micotoxinas son de fines

de la década de 1960, para las aflatoxinas. A fines del año 2003, aproximadamente 100 países contaban con límites específicos para las micotoxinas en los alimentos y las raciones y este número continua incrementándose (FAO, 2004).

Numerosas publicaciones tratan de los límites y reglamentos para las micotoxinas (Schuller *et al.*, 1983; Stoloff *et al.*, 1991; Gilbert, 1991; Resnik *et al.*, 1991; Van Egmond, 1991; Van Egmond y Dekker, 1995; Boutrif and Canet, 1998; Rosner, 1998; Van Egmond, 1999).

Mundialmente, al menos 99 países tenían reglamentos para las micotoxinas en los alimentos y/o en las raciones en el año 2003 (Figura 1), un aumento de aproximadamente 30 por ciento comparado con 1995. La población total en estos países representa aproximadamente 87 por ciento de los habitantes del globo. La Figura 2 muestra la proporción de la población mundial que vive en regiones con reglamentos vigentes para las micotoxinas en 1995 y en el año 2003. En 1995, el 23 por ciento de la población mundial vivía en una región en la que no estaba vigente ningún reglamento conocido para las micotoxinas. Este porcentaje había disminuido al 13 por ciento en el año 2003, en razón de un ligero aumento en América Latina y Europa e incrementos más significativos en África y Asia/Oceanía. De hecho, todos los países con reglamentaciones para las micotoxinas tenían en el año 2003 al menos límites reglamentados para la aflatoxina B1 o para el total de las aflatoxinas B1, B2, G1 y G2 en los alimentos y/o las raciones, una situación similar a la de 1995. Para varias tricotecenos deoxinivalenol y diacetoxiscirpenol, las toxinas T-2 y HT-2; las fumonisinas B1, B2, y B3; el ácido agárico; los alcaloides del ergot; la ocratoxina A; la patulina; las fomopsinas; la esterigmatocistina y la zearalenona). Con los años, el número de países que reglamentan las micotoxinas ha aumentado. Comparando la situación en 1995 con la del año 2003, resulta que en este último año hay más micotoxinas reglamentadas en más productos básicos y en otros productos en tanto que los límites tolerables permanecen generalmente en los mismos valores o tienden a disminuir. Los reglamentos son más variados y detallados, con nuevos requisitos relativos a los procedimientos oficiales de muestreo y a las metodologías analíticas. Al mismo tiempo, se han armonizado o se encuentran en alguna etapa de armonización varios reglamentos entre países integrantes de comunidades económicas (Australia/Nueva Zelanda, UE, MERCOSUR). (FAO, 2004).

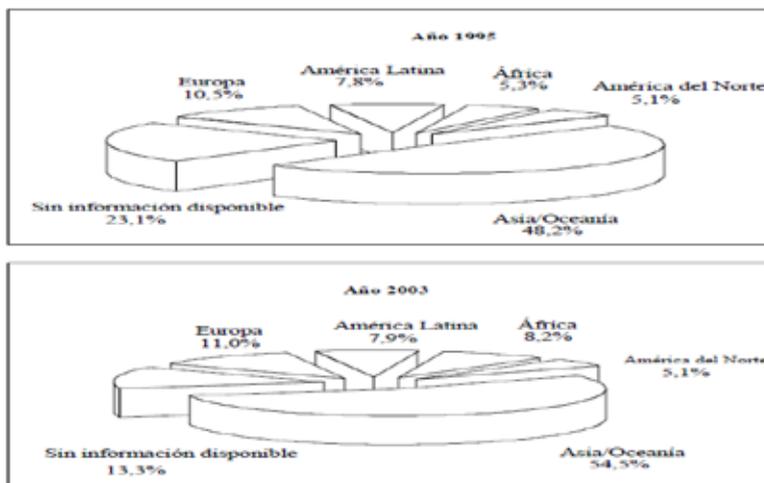


Figura 1. Países con y sin reglamentación sobre micotoxinas (FAO, 2004).

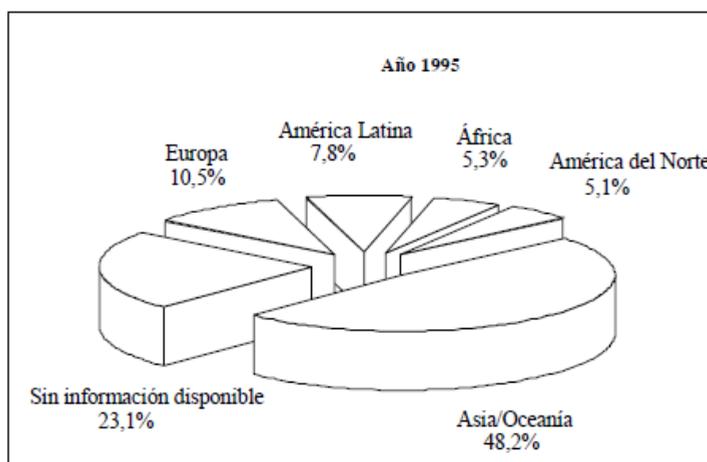


Figura 2. Porcentaje de la población mundial con reglamentos para las micotoxinas (FAO, 2009).

- **América Latina**

Los principales cultivos agrícolas de América Latina (maíz, trigo, café, algodón, soja, cebada, girasol, maníes y nueces de árbol, cocoa y lácteos) son muy susceptibles a la contaminación con hongos y proclives a producir micotoxinas (Piñeiro, 2004). Las Figuras 3 y 4 muestran los límites reglamentarios respectivos

para diversas micotoxinas en América Latina en los alimentos y en las raciones. Se sabe que 19 países, que representan el 91 por ciento de la población de la región, cuentan con reglamentaciones específicas sobre micotoxinas. En el MERCOSUR, un bloque comercial integrado por Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay existen reglamentos armonizados para las aflatoxinas. Otros países indican que siguen también los reglamentos del MERCOSUR. Los reglamentos para aflatoxinas en los alimentos son a menudo fijados para el total de las aflatoxinas B1, B2, G1 y G2. El Uruguay cuenta con las reglamentaciones más detalladas, incluyendo límites para los alcaloides del ergot en las raciones, algo muy raro en el mundo de los reglamentos para las micotoxinas. (FAO, 2004).

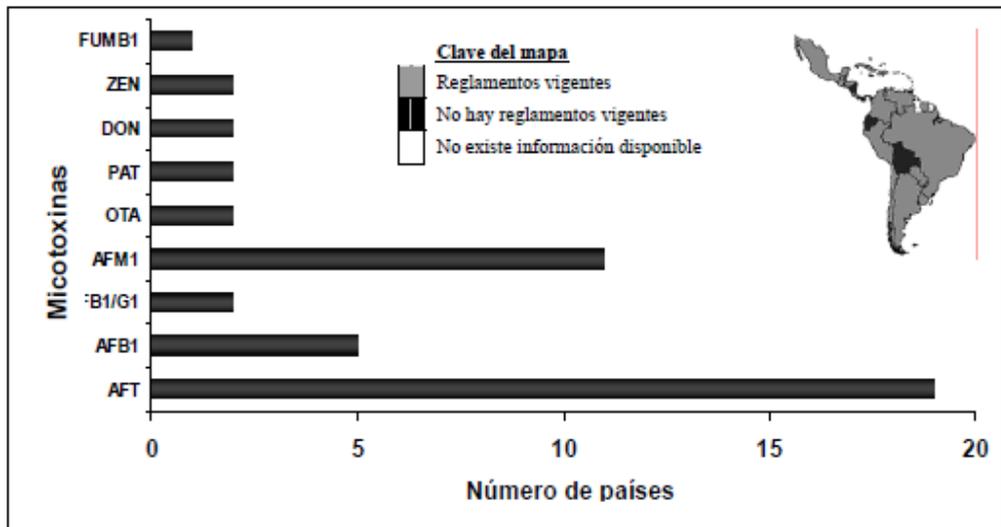


Figura 3. Micotoxinas en los alimentos reglamentados en America Latina. (FAO, 2004.)

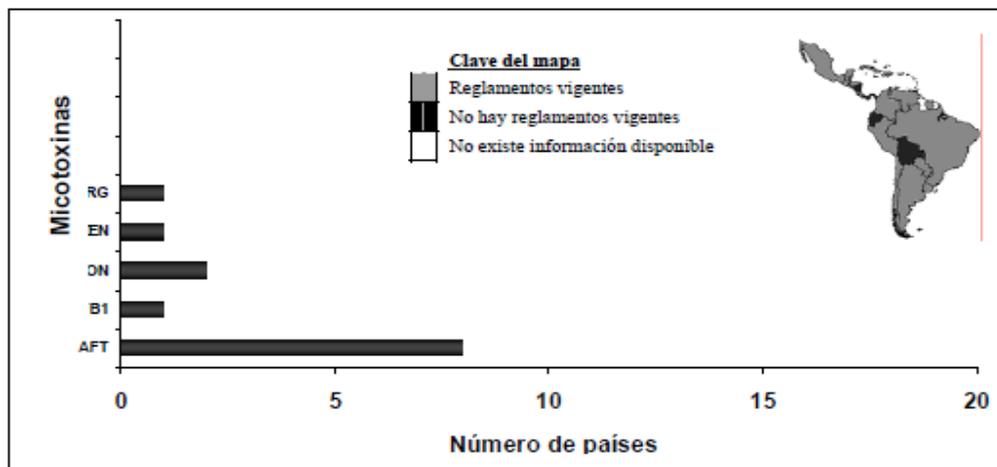


Figura 4. Micotoxinas en las raciones reglamentadas en América latina (FAO, 2004).

- **América del Norte**

En los Estados Unidos y en Canadá desde hace muchos años están vigentes reglamentos para las micotoxinas y se implementan técnicas avanzadas de muestreo y análisis. En ambos países, los límites para las aflatoxinas se han fijado para la suma de las aflatoxinas B1, B2, G1 y G2. Las Figuras 5 y 6 muestran para varias micotoxinas, los límites reglamentarios o los límites guía en América del Norte, en los alimentos y en las raciones respectivamente. Además de los límites para las toxinas del *Fusarium*, Canadá ha fijado también tolerancias para los porcentajes de granos dañados por el *Fusarium* en el trigo (para trigos duros y blandos) y otros granos. La Comisión Canadiense de Granos ha publicado una Guía Oficial para la Clasificación de Granos con procedimientos normalizados para la inspección de granos. En Canadá, existen también límites para el porcentaje de ergot en diversas cosechas. En los Estados Unidos hay límites de tolerancia detallados para la suma de las fumonisinas B1, B2 y B3 para una amplia variedad de productos del maíz. Este es el único país que se conoce que dispone de límites para la suma de estas tres fumonisinas (FAO, 2004).

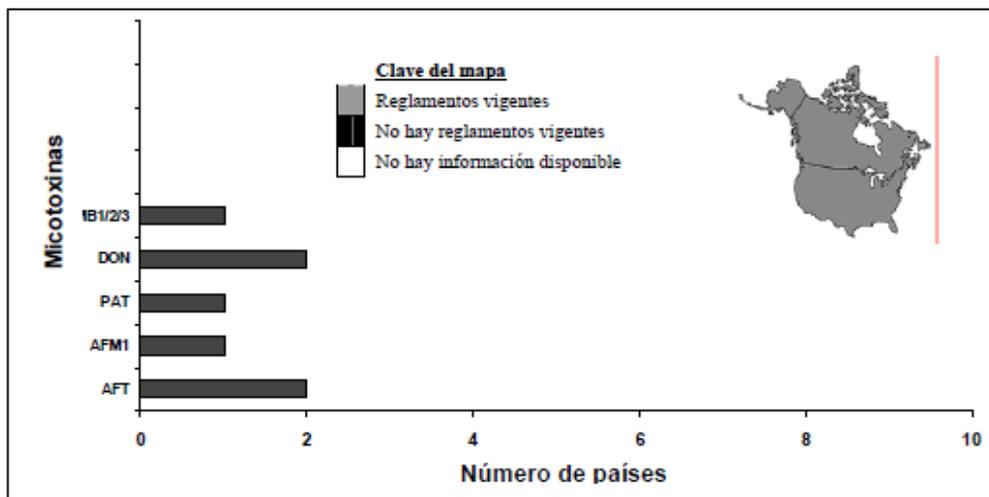


Figura 5. Micotoxinas en los alimentos reglamentados en America del Norte (FAO, 2004).

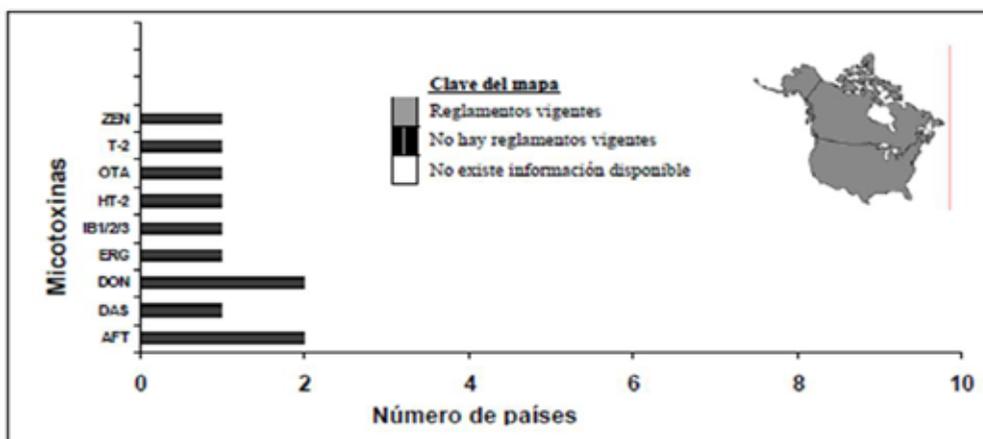


Figura 6. Micotoxinas en las raciones reglamentadas en América del Norte (FAO, 2004).

Límites a nivel mundial para las aflatoxinas

El número de países que han reglamentado las aflatoxinas ha aumentado con los años significativamente. Los reglamentos para las aflatoxinas son con frecuencia detallados y específicos para los alimentos, para los productos lácteos y para las raciones animales. Existen muchas limitantes para intenta comparar medianas, rangos y número de países con los límites legalmente fijados para las aflatoxinas en los alimentos y las raciones para animales (para ganado lechero) en 1995 y en 2003 para de esta forma poder identificar tendencias. Una comparación de este tipo no resulta fácil y debe estar sujeta a ajustes futuros puesto que no todos los datos pueden ser completamente correctos. Otra limitación, es que algunos países cuentan con muchos reglamentos que especifican niveles de tolerancia diferentes para los alimentos y las raciones individuales, en tanto que otros han fijado un solo nivel tolerable; por ejemplo, para “todos los alimentos” o para “todas las raciones”. En consecuencia debieron hacerse simplificaciones.

CONCLUSIONES

Actualmente, la inocuidad alimentaria, es un tema todavía no muy conocido por la población en general. La atención mundial se ha enfocado principalmente a aplicar controles que permitan garantizar la inocuidad en sistemas de producción de frutas y hortalizas, ya que con estos productos se realiza el mayor intercambio comercial entre los países en desarrollo y los más desarrollados.

A su vez, inicialmente los principales contaminantes que se tomaron en cuenta en las legislaciones, fueron los de origen químico y entre los de origen biológico se enfocaron todos los esfuerzos para eliminar principalmente bacterias y virus que pusieran en riesgo la salud del consumidor, dejando por fuera a los hongos y sus metabolitos secundarios. Como se vio anteriormente, las legislaciones actuales donde se toman en cuenta como contaminantes a los hongos y sus metabolitos secundarios como las micotoxinas son muy recientes. Además con respecto a la legislación de nuestro país, solo se mencionan límite para las aflatoxinas y no para las demás micotoxinas, por lo que todavía nos falta mucho por legislar al respecto, ya que la salud de la población en general estará en riesgo constante, mientras no se legisle al respecto. Por lo pronto, solo nos queda seguir consumiendo cereales y sus derivados, procurando consumir aquellos que presenten algún hongo productor de micotoxinas, aunque su presencia no sea señal inequívoca de la presencia de este tipo de contaminantes. Por otro lado,

los esquemas de producción mas limpia son un prerrequisito para obtener los estándares de la Norma Nacional que garantiza la calidad de los alimentos.

BIBLIOGRAFÍA

- AESA. 2006. Agencia **Española de Seguridad Alimentaria**. España.
- Aguilera, P. M. 1988. **Marco de referencia del sistema postcosecha del maíz en el estado de Guanajuato**. *In*: Primera Reunión Científica, Forestal y Agropecuaria. Guanajuato. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH), Centro de Investigación Forestal, Agrícola y Pecuaria (CIFAP). Guanajuato, Guanajuato. p. 21 (Publicación Especial Núm. 17).
- Boutrif, E. and Canet, C. 1998. **Mycotoxin prevention and control: FAO programmes**. *Revue de Médecine Vétérinaire* 149, 681-694.
- Bucio, V.C.M., Martínez, J.O.A. y Morales, G.R.H. 2003. **Contaminación con Hongos en Maíz Recién Cosechado en el Estado de Guanajuato Durante el año 2003**. VII Congreso Nacional de Ciencia de los Alimentos y III Foro de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Guanajuato, México.
- CET. 2005. **Guía de Producción Más Limpia**. Centro de Eficiencia Tecnológica de Perú. Centro Nacional de Producción Más Limpia, Perú.
- CEPTS. 2006. **Mayor productividad y Rentabilidad con Producción más Limpia**. Estudio del caso PML-027 Empresa Tostadora de Café de la Compañía Industrial Agrícola Nueva Esperanza Núñez SRL (CIACNEN). Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles. Bolivia
- FAO. 1999. **Alimentación, Nutrición y Agricultura**. (En línea). Disponible en <http://www.fao.org/waicent/faoinfo/econocimc/esn/nutri.htm> Consultado en abril de 2009.
- FAO. 2003. **Manual sobre la Aplicación del Sistema de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control**. (En línea). Disponible en <http://www.fao.org/DOCREP/005/Y1390E/Y1390E00.HTM> Consultado en abril de 2009.
- FAO. 2004. **Reglamentos a nivel mundial para las micotoxinas en los alimentos y en las raciones en el año 2003**. Estudio FAO: Alimentación y Nutrición.
- Gilbert, J. 1991. **Regulatory aspects of mycotoxins in the European Community and the USA**. *In*: Champ BR, Highley E, Hocking AD, Pitt JJ. Fungi and Mycotoxins in Stored Products: proceedings of an international conference,

- Bangkok, Thailand, 23–26 April 1991, ACIAR Proceedings no. 36, 194-197.
- Moreno M. E. 1988. **Manual para la identificación en granos y sus derivados.** Coordinación de la investigación científica. Programa universitario de alimentos. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), México, D. F. 109 p.
- Pineiro, M. 2004. **Mycotoxins: Current issues in South America.** *In:* Barug D, Van Egmond HP, López-García R, van Osenbruggen WA, Visconti, A. *Meeting the mycotoxin menace.* Wageningen Academic Publishers, The Netherlands, 49-68.
- Ramírez, M.M., Zurbia, F.R.R. y Díaz, A.L. 1993. **Ecología del almacenamiento y el combate de insectos: Control físico y biológico en insectos de granos y semillas almacenados.** *In:* Insectos de granos almacenados: biología, daños, detección y combate. INIFAP-CIRCE-CEBAJ. p. 110-146 (Libro Técnico Núm. 1).
- Ramírez, G.M. 1974. **Almacenamiento y conservación de granos y semillas.** Ed. CECSA 2a. impresión. 1966. México, D. F., 300 p.
- Resnik, S., Costarrica, M.L. y Pacin, A. 1991. **Mycotoxins in Latin America and the Caribbean.** *Food Control* 6, 19-28.
- Rodríguez, R.R. 1990. **Perspectivas de la investigación entomológica de productos almacenados en la zona sur de México.** XXV Congreso Nacional de Entomología, II Simposio Nacional, Entomología de productos almacenados. Perspectivas de la investigación en México. Ediciones Mexicanas de Postcosecha Vol. II, Oaxaca, Oaxaca, México. p. 43-51.
- Rosner, H. 1998. **Mycotoxin regulations: an update.** *Revue de Médecine Vétérinaire* 149, 679–680.
- SAGARPA. 2000. **Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural y Alimentación.** Análisis sobre las Implicaciones Comerciales en Materia de Inocuidad y Calidad Alimentaria en el Contexto Internacional: Líneas de Acción Propuestas. México.
- Schuller, P.L., Van Egmond, H.P., Stoloff, L. 1983. **Limits and regulations on mycotoxins.** *In:* Naguib, K., Naguib, M.M., Park, D.L. & Pohland, A.E. *Proceedings International Symposium on Mycotoxins*, 6–8 September 1981, Cairo, Egypt, pp. 111-129, 1983.
- Stoloff, L., Van Egmond, H.P. & Park, D.L. 1991. **Rationales for the establishment of limits and regulations for mycotoxins.** *Food Additives and Contaminants* 8, 213-222.

- Van Egmond, H.P. 1991. **Regulatory aspects of mycotoxins in Asia and Africa.** *in:* Champ, B.R., Highley, E., Hocking, A.D., Pitt, J. J. Fungi and mycotoxins in stored products: proceedings of an international conference, Bangkok, Thailand, 23-26 April 1991, ACIAR Proceedings No. 36, 198-204.
- Van Egmond, H.P. y Dekker, W.H. 1995. **Worldwide Regulations for Mycotoxins in 1994 Natural.** *Toxins* 3, 332-336.
- Van Egmond, H.P. 1999. **Worldwide Regulations for Mycotoxins.** Documento de Trabajo Tercera Conferencia Internacional Mixta FAO/OMS/PNUMA sobre las Micotoxinas. MYC-CONF/99/8a. Túnez, Túnez, 3-6 de marzo de 1999.

Eusebio Nava Pérez

Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Facultad de Ciencias Químico-Biológicas de la Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS). Ingeniero Bioquímico en el Instituto Tecnológico de los Mochis. Profesor Investigador del departamento Agropecuario CIIDIR (COFAA) IPN Unidad Sinaloa.

Cipriano García Gutiérrez

Doctorado en Ciencias (especialidad en Ingeniería y Biotecnología) Instituto Tecnológico de Durango. Maestría en Ciencias con Especialidad en Entomología y Acarología Colegio de Postgraduados. Biólogo en Escuela Nacional de Ciencias Biológicas I.P.N. Profesor Investigador del departamento Agropecuario CIIDIR (COFAA) IPN Unidad Sinaloa. **Miembro del Sistema Nacional de Investigadores (SIN Nivel II).**

Cuerpo Académico



Área de Bioinsecticidas
Departamento Agropecuario
CIIDIR IPN Unidad Sinaloa

MICOTOXINAS COMUNES EN GRANOS ALMACENADOS

Eusebio Nava Pérez
Miguel Ángel Apodaca Sánchez
Jesús Ricardo Camacho Báez

INTRODUCCIÓN

Algunos hongos que crecen sobre vegetales producen el deterioro de los mismos y forman metabolitos secundarios que actúan como antibióticos favoreciendo la presencia y permanencia del hongo frente a otros microorganismos. Muchos de estos metabolitos son tóxicos para plantas y/o animales. Los metabolitos que enferman o matan a los animales se conocen como micotoxinas, y la afección se llama micotoxicosis (Swanson 1987). Las micotoxinas en la mesa del consumidor constituyen un problema que comienza en el campo y continúa durante el acopio y la comercialización, cuya única solución es prevenir el crecimiento de los hongos productores de micotoxinas. Se ha comprobado la acción de unas pocas toxinas en brotes de intoxicación humana y animal, las otras han sido ensayadas en animales de experimentación (Carrillo, 2003). En este capítulo se dan a conocer las principales micotoxinas presentes en granos almacenados y su importancia para la salud del consumidor.

Micotoxinas

Son compuestos ubicuos que difieren mucho en sus propiedades químicas, biológicas y toxicológicas. Una micotoxicosis primaria se produce al consumir vegetales contaminados, y secundaria al comer carne o leche de animales que ingirieron forrajes con micotoxinas (Lillehoj, 1991).

Según una definición reciente de Pitt (1996), las micotoxinas son “metabolitos fúngicos cuya ingestión, inhalación o absorción cutánea reduce la actividad, hace enfermar o causa la muerte de animales (sin excluir las aves) y personas.”

Los primeros casos de micotoxicosis conocidos fueron debidos al centeno contaminado con *Claviceps purpurea*, en la Edad Media. En 1912 Quevedo, en

la Argentina, describió la acción de los metabolitos tóxicos de un *Aspergillus* del maíz sobre varias especies animales, lo que constituye la primera observación científica de las micotoxicosis en Sudamérica. En 1960 la intoxicación masiva de pavos en Inglaterra llevó al aislamiento de las aflatoxinas, llamadas así al ser producidas por especies del grupo *Aspergillus flavus* (Bove, 1970; Beardall y Miller, 1994).

Micotoxicosis

- No es una enfermedad transmisible.
- El tratamiento con drogas o antibióticos tiene poco o ningún efecto.
- En los brotes observados en el campo, el problema es estacional debido a que las condiciones climáticas afectan al desarrollo del hongo.
- El brote está comúnmente asociado a un alimento o forraje específico.
- El examen del alimento o forraje sospechoso revela signos de actividad fúngica (Lillehoj 1991).

Tipos de micotoxinas que afectan la producción y fabricación de alimentos

Una micotoxina se considera “importante” si se ha demostrado su capacidad para tener efectos considerables sobre la salud de las personas y la productividad de los animales en diversos países (FAO, 2003).

a. Patulina

La patulina es un antibiótico producido por varios mohos, entre los que destaca el *Penicillium expansum*. Se ha comprobado en estudios experimentales que la patulina es una neurotoxina y que produce lesiones anatomopatológicas graves en las vísceras. Aunque se ha dicho que la patulina induce sarcomas localizados, no se ha detectado actividad mutagénica en la mayoría de los ensayos a corto plazo (Murphy *et al.*, 2006).

El JECFA (JECFA, 1996a) ha establecido provisionalmente una ingesta diaria máxima tolerable de 400 ng/kg de peso corporal.

Albaricoques, uvas, duraznos, peras, manzanas, aceitunas, cereales, zumos de frutas poco ácidos (en particular, manzana, uva y pera) son los productos básicos más comúnmente infectados por los hongos que producen la patulina (Speijers 2004). La patulina no se encuentra en frutos sanos, ya que el daño en la superficie del fruto es el que favorece la infección por *Penicillium* (Sewram *et al* 2000). Por

lo tanto, el punto crítico para el control de la calidad es el punto en el que la fruta entra en la línea de procesamiento.

Recientes estudios han determinado que la patulina no es cancerígena, lo que provocó que disminuyera el interés en su investigación (Wouters y Speijers 1996). Por lo tanto, desde 1995, la mayoría de las investigaciones relacionadas con la toxicidad de la patulina se ha centrado en la genotoxicidad para el comercio internacional, lo cual condujo a una mayor regulación del mercado de los alimentos y los piensos que pueden contener esta micotoxina. Esto trajo consigo que en la actualidad se eliminen aquellos productos básicos que no se ajusten a los límites reglamentarios.

b. Ocratoxina

Ocratoxina está presente en una gran variedad de alimentos, ya que es producida por varias cepas de hongos de las especies *Penicillium* y *Aspergillus*. La presencia de un átomo de cloro en su estructura la hace única. Estas micotoxinas se consideran nefrotóxicas, teratógenas, inmunotóxicas y han sido clasificadas por la IARC como un carcinógeno de clase 2B (probable carcinógeno humano) (Murphy *et al.*, 2006).

Aspergillus ochraceus crece más despacio que *A. flavus* y *A. parasiticus*, pero puede crecer con una actividad de agua de sólo 0.79. Se tiene información sobre el crecimiento de estos hongos a temperaturas de 8 a 37°C y diversas fuentes han señalado valores óptimos de 25 a 31°C. La ocratoxina A se produce a temperaturas de 15 a 37°C, con una producción óptima entre 25 y 28 °C. *Penicillium verrucosum* crece a temperaturas de 0 a 31°C y con una actividad de agua mínima de 0.80. Este hongo produce ocratoxina A en todo el intervalo de temperaturas. Pueden producirse cantidades considerables de toxinas a temperaturas de sólo 4°C y con una actividad de agua de sólo 0,86. Al parecer, la exposición a la ocratoxina A (OA) se produce principalmente en zonas templadas del hemisferio norte donde se cultiva trigo y cebada (CIIC, 1993).

La ocratoxina A, es de las principales toxinas de este grupo, se encuentra en el trigo, maíz, avena, queso y los productos cárnicos de animales que consumen granos contaminados con ocratoxina (Aish *et al.*, 2004). *Apergillus ochraceus* se encuentra en alimentos secos como los pescados ahumados y secos, soja, garbanzos, nueces y frutas secas. *A. carbonarius* es el principal patógeno en

las uvas y pasas de uva, incluido, vinos y vinagres de vino. Aunque se conoce que se producen en los alimentos en todo el mundo, la principal preocupación son las regiones de Europa y para algunos alimentos en África. El Comité Mixto de Expertos en Aditivos Alimentarios de la Alimentación y la Agricultura Organización de las Naciones Unidas y la Organización Mundial de la Salud, JECFA (1996b) presentó datos que señalan a los cereales, el vino, el zumo de uva, café y carne de cerdo, como las principales fuentes de exposición a la ocratoxina en humanos, a niveles de 58%, 21%, 7%, 5% y el 3% del total de la ingesta de ocratoxina respectivamente. Este comité informó de los niveles varían entre 100 a 700 ng / kg en los cereales, de 30 a 9000 ng / L en los vinos europeos, 170 a 1300 ng / kg en el café, y de 150 a 2900 ng / kg en carne de cerdo (Sage *et al.*, 2004).

El impacto del tratamiento sobre la ocratoxina A, en los alimentos contaminados no se entiende muy bien. El Pulido y la molienda del trigo (para eliminar capas externas del grano en la producción de harina blanca) redujeron los niveles de ocratoxina, sin embargo, no se observaron efectos en la totalidad de las harinas de trigo (Osborne *et al.*, 1996).

Chelkowski *et al.*, (1981) mencionan que la distribución de ocratoxina A es homogénea en todas las fracciones que se obtienen en la molienda seca del trigo y la cebada. Van der Stegen *et al.*, (2001) encontraron que la ocratoxina es relativamente estable durante el tratamiento térmico, sin embargo, se redujeron los niveles de la toxina del 70% al 96% durante el tostado del grano de café. Heilmann *et al.*, (1999) encontraron reducciones similares durante descafeinado. La molienda húmeda de maíz provoca una reducción de los niveles de ocratoxina en el germen y sémola de 96% y 49%, respectivamente. McKenzie *et al.*, (1997), mencionan que la aplicación ozonos es eficaz en la destrucción de la ocratoxina en los sistemas acuosos.

Las concentraciones de OA encontradas en trigo de Canadá, oscilan entre cantidades ínfimas y concentraciones de 6000 µg/kg. En el Reino Unido, se han encontrado concentraciones de ≤ 25 a 5000 µg/kg en trigo y entre menos de 25 y 2700 µg/kg en cebada. La OA también está presente en el maíz, arroz, frijol, café, especias, nueces e higos. La detección en Europa de la presencia de OA en productos de cerdo vendidos en establecimientos minoristas y en sangre de cerdo ha demostrado que esta toxina puede pasar de los piensos a los productos de

origen animal. Aunque los cereales se consideran la principal fuente de OA en la alimentación humana sabe (CIIC, 1993), se ha encontrado que los productos de cerdo pueden ser también una fuente importante de esta toxina. Se ha encontrado OA en la sangre (y la leche) de personas de diversos países europeos, como Francia, Italia, Alemania, Dinamarca, Suecia, Polonia, Yugoslavia y Bulgaria. Una de las concentraciones reportadas como más altas fue de 100 ng/ml de OA en sangre procedente de Yugoslavia (Fuchs *et al.*, 1991); mientras que en Italia se han registrado concentraciones de OA en leche de 6.6 ng/ml (Micco *et al.*, 1991). En al menos once países existen o se han proyectado reglamentos sobre la OA; las concentraciones permitidas varían de 1 a 50 µg/kg en alimentos y de 100 a 1 000 µg/kg en piensos. En Dinamarca, para determinar si los productos de una determinada canal de cerdo son aceptables se analiza el contenido de OA de un riñón de dicha canal. La carne y determinados órganos del cerdo pueden consumirse como alimentos si el contenido de OA del riñón no es superior a 25 y 10 µg/kg, respectivamente (Van Egmond, 1997).

El Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA, 1996b) ha recomendado una ingesta semanal tolerable provisional de OA de 100 ng/kg de peso corporal, correspondiente a aproximadamente 14 ng diarios por kg de peso corporal.

Se ha relacionado la ocratoxina A con la nefropatía endémica de los Balcanes, una enfermedad renal crónica mortal que afecta a los habitantes de algunas regiones de Bulgaria, la ex Yugoslavia y Rumania. La OA ocasiona toxicidad renal, nefropatía e inmunodepresión en varias especies de animales y es cancerígena en animales de experimentación. Existen pruebas suficientes obtenidas en estudios con animales de experimentación de la carcinogenicidad de la OA (CIIC, 1993).

c. Zearalenona

La zearalenona es una micotoxina estrogénica de distribución amplia, presente principalmente en el maíz, en bajas concentraciones, en Norteamérica, Japón y Europa. Sin embargo, pueden encontrarse concentraciones altas en países en desarrollo, especialmente donde se cultiva maíz en climas más templados, por ejemplo en regiones de tierras altas.

F. graminearum produce zearalenona junto con desoxinivalenol y se ha señalado la posible relación de ambas sustancias con brotes de micotoxicosis

agudas en personas. La exposición a maíz contaminado con zearalenona ha ocasionado hiperestrogenismo en animales, especialmente cerdos, caracterizado por vulvovaginitis y mamitis e infertilidad. En estudios con animales de experimentación se han obtenido pocas pruebas de la carcinogenicidad de la zearalenona (Udagawa, 1988).

La zearalenona, ha atraído recientemente la atención ya que tiene el potencial de afectar las funciones de las hormonas esteroideas sexuales. Se sabe que brotes ocasionales de micotoxicosis por zearalenona en la ganadería han causado infertilidad. Alternativamente, en algunos casos se utilizan derivados de la zearalenona como promotores de crecimiento en el ganado (por ejemplo, la compañía Ralgro® las utilizan en el ganado productor de carne), como alternativa a los más potentes y controvertidos estrógenos sintéticos como el dietilestilbestrol (Murphy *et al.*, 2006).

Esta toxina se encuentra casi exclusivamente en los granos y varía desde unos pocos ng/g a miles de ng/g. La aparición de hongos como *Fusarium* en las plantas productoras de granos, no es señal inequívoca para advertir la presencia de toxinas producidas por este hongo, ya que no necesariamente la aparición del hongo indica la presencia de altas concentraciones de micotoxinas (Murphy *et al.*, 1996). El promedio de ingesta de zearalenona para humanos, se estimó entre 0.02 mg/kg bw/d según unos datos limitados obtenidos en Canadá, Estados Unidos, y los países escandinavos, pero es probable que las ingestas sean mayores en los países donde no se tienen bien controlados los sistemas de almacenamiento de grano. Existe una preocupación por la genotoxicidad de la zearalenona. Aunque este compuesto estrogénico no mostró mutagenicidad con las pruebas de Ames (1 a 500 µg zearalenona/agar en placa), (Stopper *et al.*, 2005). Este rango de dosis es difícil de extrapolar en humanos, porque no se tienen estimaciones de biodisponibilidad en ellos. Se tiene estimado una ingesta humana de aproximadamente 1 a 2 µg/persona, sin embargo la aparición de concentraciones de esta micotoxina en sangre o en tejidos cerca de 0.1 M (aproximadamente 30 mg / L) son poco probables. (Murphy *et al.*, 2006).

d. Aflatoxinas

El término “aflatoxinas” fue acuñado a comienzos del decenio de 1960, cuando miles de pavos, patos y otros animales domésticos murieron a causa de una enfermedad (conocida como “enfermedad X de los pavos”) que se atribuyó a

la presencia de toxinas de *A. flavus* en harina de maní importada de Sudamérica (Austwick, 1978). Aunque las aflatoxinas son las principales toxinas relacionadas con esta micotoxicosis, se ha determinado (Bradburn *et al.*, 1994) la intervención de otra micotoxina, el ácido ciclopiazónico en la etiología de la “enfermedad X de los pavos”). También están bien documentados los efectos crónicos de concentraciones bajas (partes por mil millones) de aflatoxinas en la alimentación del ganado (Coker, 1997), como son la disminución de la productividad y el aumento de la susceptibilidad a las enfermedades.

Las aflatoxinas pueden contaminar muchos cultivos entre los que se encuentran el cacahuete, maíz, algodón, castaña, pistachos, especias, copra (coco seco) e higos, presentándose con mayor frecuencia en regiones cálidas y húmedas del mundo. Este tipo de micotoxinas se producen en varias formas químicas, designadas como aflatoxina B1, B2, G1, G2 y M1. La “B” y “G” se refieren a la fluorescencia que se observa al exponer la toxina a la irradiación ultravioleta (azul “Blue” o verde “Green”). M1 es el principal metabolito de la AFB1 presente en la leche de mamás lactantes y lo animales, cuando estas han consumido alimentos y piensos contaminados con AFB1. Según la IARC, no hay suficientes pruebas para concluir que las mezclas de AFB1-B1, G1 y M1 son carcinógenas para los humanos, por lo que se encuentran dentro del Grupo 1. La M1 y B2 están en el Grupo 2B como probables carcinógenos humanos (IARC 1993).

La Aflatoxicosis en humanos es ocasiones un grave problema. Por ejemplo, un fuerte brote fue reportado en Kenia en 2002 (CDC 2004). En la mitad de los distritos asociados a este brote, se encontraron muestras de alimentos elaborados a base maíz con AFB1, los cuales presentaron niveles mayores de 20 ppb (el nivel de AFB1 permitido en Kenia), en el 3% y el 12% de las muestras, dependiendo del. El brote tuvo al menos, un 39% de incidencia de muertes (317 casos con 125 muertes) derivadas de una hepatotoxicidad grave.

Los mohos productores de aflatoxinas están muy extendidos por todo el mundo, en climas templados, subtropicales y tropicales, y pueden producir aflatoxinas, tanto antes como después de la cosecha, en numerosos alimentos y piensos, especialmente semillas oleaginosas, nueces comestibles y cereales (Coker, 97).

Aunque las aflatoxinas están relacionadas predominantemente con productos de origen subtropical y tropical, se ha reportado también su presencia en climas

templados en cereales tratados con ácidos (Pettersson *et al.*, 1989).

Algunos métodos de procesamiento de alimentos han demostrado resultados favorables en la reducción o eliminación de las aflatoxinas. El Tostado del Cacahuete redujo en mayor proporción a las aflatoxinas detectables químicamente que la ebullición (Njapau *et al.*, 1998). La Fermentación de la masa de harina de trigo redujo la aflatoxina detectable en aproximadamente un 50%, mientras que la cocción de la masa la redujo en menor proporción (Scott 1991). El tostado Tradicional sin cal y los procesos para producir el pinole (una harina de maíz molido y los frijoles) se combinaron para reducir el contenido de aflatoxinas detectables (Méndez-Albores *et al.*, 2004a). La aplicación de altas temperaturas (121 ° C) con cal antes de freír, dio como resultado niveles muy bajos de aflatoxinas detectables (Camoou-Precio y Arriola, 1989). La nixtamalización del maíz (el proceso tradicional de cocción de maíz en agua con cal para producir el nixtamal, el cual se muele para formar masa) también redujo significativamente la aflatoxina (Torres *et al.*, 2001). Aunque Cazzanigaand *et al.*, (2001) mencionan que la extrusión del maíz (hasta a 180 ° C) no logró la destrucción sustancial de la aflatoxina, Cheftel (1989) reportó reducciones significativas en la aflatoxinas detectables durante la extrusión de harinas de arroz. Las diferencias en los resultados puede deberse a diferencias en el diseño del extrusor (Cazzaniga y otros 2001). McKenzie *et al.*, (1997) informaron que el tratamiento con ozono destruyó AFB1 y G1 en un sistema acuoso modelo y Prudente y King (2002) informaron de la reducción del 92 % en maíz contaminado, sin que se volvieran a formar las micotoxinas después del tratamiento. Hay informes de la reformación o la reactivación de las aflatoxinas después de haber sido tratadas. Por ejemplo, la pérdida inicial de aflatoxina detectables fue seguida por la detección de estas al acidificar la masa de harina. Los investigadores especularon que esta acidificación podría suceder después del consumo de maíz nixtamalizado que contenía aflatoxina (Méndez-Albores *et al.*, 2004b).

Lubulwa y Davis (1994) han estudiado las pérdidas económicas atribuibles únicamente a la presencia de aflatoxinas, en maíz y maní, en países de Asia sudoriental (Tailandia, Indonesia y Filipinas), llegando a la conclusión de que alrededor del 66 % de las pérdidas totales se debían al maíz contaminado, y las pérdidas atribuibles al deterioro y a los efectos dañinos sobre la salud de las personas y de los animales representaban, respectivamente, el 24, el 60 y el 16 % del total. No obstante, el estudio tuvo en cuenta únicamente las pérdidas

relacionadas con la morbilidad y las muertes prematuras ocasionadas por el cáncer. En consecuencia, es probable que las pérdidas relacionadas con las aflatoxinas sean mucho mayores si se incluyen las otras consecuencias para la salud humana del efecto inmunotóxico de las aflatoxinas (y otras micotoxinas).

e. Tricótesenos

Se sabe que existen aproximadamente 180 tricótesenos, pero sólo unos pocos son importantes para la salud humana. La de mayor prevalencia en alimentos humanos es el deoxinivalenol (DON), aunque existen otras relacionadas con las micotoxinas, tales como 3-acetil DON, toxina T-2, y el nivalenol, los cuales también se producen con cierta regularidad (Brown y otros 2001).

La toxina T-2 y el desoxinivalenol pertenecen a un grupo amplio de sesquiterpenos, los cuales se conocen como “tricótesenos”. Esta toxina se presenta en muchas partes del mundo donde se producen cereales y se relaciona con períodos prolongados de tiempo lluvioso durante la cosecha. Presuntamente es la causa de la “aleucia tóxica alimentaria” (ATA), enfermedad que afectó a miles de personas en Siberia durante la segunda guerra mundial, ocasionando la aniquilación de pueblos enteros (CIIC, 1993). Los síntomas de la ATA comprenden fiebre, vómitos, inflamación aguda del aparato digestivo y diversas alteraciones sanguíneas. La toxina T-2 ha causado brotes de enfermedad hemorrágica en animales y está relacionada con la formación de lesiones bucales y efectos neurotóxicos en aves de corral. El efecto más importante de la toxina T-2 (y de otros tricótesenos) es su actividad inmunodepresora. Hay escasas pruebas de la carcinogenicidad de la toxina T-2 en estudios con animales de experimentación (FAO, 2003).

El deoxinivalenol (DON), es probablemente la micotoxina de *Fusarium* más común y contamina diversos cereales, especialmente el maíz y el trigo. Debido a los brotes de síndromes eméticos (y de rechazo a los alimentos) causados en el ganado por la ingesta de piensos contaminados con DON, esta micotoxina se conoce vulgarmente como vomitoxina. La ingestión de DON ha ocasionado brotes de micotoxicosis agudas diferentes países asiáticos. El brote surgido en China entre 1984-85 se debió al consumo de maíz y trigo contaminados con hongos; en un plazo de entre cinco y treinta minutos aparecían síntomas como náuseas, vómitos, dolores abdominales, diarrea, mareos y cefaleas (CIIC, 1993; Bhat *et al.*, 1989; Luo, 1988).

En el Japón se han detectado cepas de *F. graminearum* productoras de nivalenol en arroz y otros cereales, que se han relacionado con casos de la “enfermedad del moho rojo” (“akakabi-byo”). Los síntomas comprenden anorexia, náuseas, vómitos, cefalea, dolor abdominal, diarrea y convulsiones (Marasas *et al.*, 1984).

El Consejo de Ciencia y tecnología agrícolas de Estados Unidos (CAST, 2003) estima que el costo anual de \$ 637 millones, debido a la contaminación de los humanos por el consumo de alimentos contaminados con DON.

Edwards (2004) examinó las condiciones ambientales que favorecen la acumulación de DON en los cultivos alimentarios y reporta que la mínima labranza, los fertilizantes nitrogenados, la aplicación de la azoxistrobina (fungicida) o glifosato (herbicida), y la producción de granos de maíz, donde se había cultivado el año anterior, fueron los principales factores de riesgo asociados con el aumento de la acumulación de DON. El control biológico de insectos puede ser una alternativa prometedora, para reducir los niveles de contaminación con DON, pero poco o nada se ha avanzado en el terreno.

f. Fumonisinias

Las fumonisinias son un grupo de micotoxinas caracterizado recientemente. Son producidas por los patógenos de maíz, *Fusarium verticillioides* (antes *F. moniliforme*) y *F. proliferatum*, y en niveles muy bajos por *Alternaria* en tomate (Chen *et al.* 1992), espárragos y ajos (Seefelder *et al.*, 2002). Estos hongos están presentes en todo el mundo y se encuentra con frecuencia en el maíz. Se ha comunicado la presencia de fumonisina B1 en maíz (y sus productos) en diversas regiones agroclimáticas de países como los Estados Unidos, Canadá, Uruguay, Brasil, Sudáfrica, Austria, Italia y Francia. La producción de toxinas es particularmente frecuente cuando el maíz se cultiva en condiciones calurosas y secas.

Los alimentos que contienen maíz son la principal preocupación para la industria alimentaria con respecto a la presencia de fumonisinias. Por lo menos 15 compuestos relacionados con las fumonisinias han sido identificados, la fumonisina del grupo B (FB) es la predominante (Burgués *et al.*, 1994). Las fumonisinias son altamente solubles en agua y alimentos a diferencia de todos los demás micotoxinas. (Desjardins *et al.*, 1996). La Fumonisina B1 (FB1) es el agente responsable de leucoencefalomalacia

(relacionados con las lesiones necróticas en el cerebro) en equinos y edema pulmonar en cerdos. Una Hepatotoxicidad (daño al hígado) y nefrotoxicidad (daño renal) también han sido reportados en relación con la intoxicación con fomonisinas. Estas toxinas son cancerígenos débiles entre las diferentes especies de roedores (Gelderblom *et al.*, 1993, Voss *et al.*, 1995) y son probables carcinógenos humanos, asociados con el aumento de incidencia de cáncer de esófago en Sudáfrica y China (CIIC 1993 y 1993b). Marasas *et al.*, (2004) sugiere que el consumo de fumonisina es un factor de riesgo para que nazcan niños con defectos en el tubo neural. (Riley *et al.*, 1993). Sin embargo la mayoría de los alimentos, contiene 500 ng/g o menos, debido a los bajos niveles de fumonisinas en maíz y a los buenos controles de calidad que se tienen en algunos países (Shephard *et al.*, 1996).

La presencia de fumonisinas en maíz se ha relacionado con casos de cáncer de esófago en habitantes de diferentes zonas del mundo. Se ha estudiado la relación entre la exposición a *F. moniliforme*, en maíz de producción doméstica, y la incidencia de cáncer de esófago. Rheeder *et al.* (1992) mencionan que el porcentaje de granos infectados por *F. moniliforme* fue significativamente mayor en la zona de alto riesgo de cáncer, y las concentraciones de FB1 y FB2 fueron significativamente mayores en maíz infectados con hongos, obtenidos de zonas de alto riesgo en 1986. Anteriormente, una evaluación del Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer (IARC) había llegado a la conclusión de que habían pruebas suficientes de la carcinogenicidad de cultivos de *F. moniliforme* con un alto contenido de fumonisinas, realizando estudios con animales de experimentación; sin embargo, los experimentos con animales habían proporcionado pocas pruebas de la carcinogenicidad de la fumonisina B1 (CIIC, 1993c). No obstante, el Programa Nacional de Toxicología del Departamento de Salud y Servicios Sociales de los Estados Unidos ha comunicado los resultados de un estudio concluido recientemente sobre la toxicidad y carcinogenicidad de la fumonisina B1 (NTP, 1999). El informe llega a la conclusión de que existen pruebas claras de la actividad cancerígena de la fumonisina B1 en ratas machos y que existen también pruebas evidentes de la actividad cancerígena de la fumonisina B1 en ratones hembras. Pero no existen pruebas de la actividad cancerígena de la fumonisina B1 en ratas hembras o ratones machos (FAO, 2003).

No se ha demostrado que el utilizar grano de buena calidad reduzca los niveles de fumonisinas en maíz. Aunque los desechos del maíz (pequeñas piezas rotas de granos de maíz) son en parte el resultado de la acción de hongos en los granos, la eliminación de estos, no reduce significativamente los niveles de fumonisinas (Murphy *et al.*, 1993). Los desechos puede representar hasta el 25% del maíz que se comercializa, por lo tanto este enfoque para reducir los niveles de fumonisinas no es viable económicamente hablando. Si los niveles son lo suficientemente reducidos, el maíz puede ser sometido a la descontaminación y/o utilizado en los productos de bajo riesgo (que puede ser la alimentación animal). Al fermentar el maíz contaminado con fumonisinas para producir etanol se obtiene una reducción en los rendimientos de etanol y no se degrada significativamente la toxina. Sin embargo, la destilación del etanol a dado lugar a un alcohol libre de fumonisina con fumonisinas en los sólidos de los destiladores (Bothast *et al.*, 1992). La aplicación de ozono a FB convirtió esta a 3-ceto-FB, sin embargo, la toxicidad no se redujo (McKenzie *et al.*, 1997). La exposición a compuestos de amonio también ha sido investigada sin éxito (Norred *et al.*, 1991). Los efectos del calor y las operaciones de transformación química en los contenidos de fumonisinas han sido investigados y éstas han demostrado una gran estabilidad. Jackson *et al.*, (1996) investigaron la estabilidad de 5 ppm en un modelo de sistemas acuosos a pH 4, 7, y 10. Se dieron cuenta de que FP fue más estable en condiciones neutras y menos estable a pH 4, sin embargo, a temperaturas superiores a 175 °C FB el contenido se redujo en más del 90%, independientemente del pH, lo que sugiere que las altas temperaturas de procesamiento pueden ser eficaces contra el FB, en algunos casos. Sin embargo, sigue habiendo lagunas en nuestra comprensión de los efectos térmicos. Las concentraciones de las fumonisina se reducen durante el proceso de extrusión.

Estrategias de control de micotoxinas

a. Buenas prácticas agrícolas (BPA) y buenas prácticas de manufactura (BPM)

La primera barrera contra la introducción de las micotoxinas, es en el plano agrícola y se inicia con la aplicación de buenas prácticas agrícolas (BPA), para prevenir la infección. Las estrategias de prevención deben aplicarse en pre-cosecha. Entre éstas están, la limpieza del campo agrícola hasta la cosecha, preparación del terreno antes de sembrar (por ejemplo, análisis de suelo, acondicionamiento del terreno, rotación de cultivos, riego, etc), tratamientos con

fungicidas químicos (por ejemplo, ácidos acético y propiónico), y una adecuada prevención de insectos y malezas. Otras estrategias incluyen el uso de equipo adecuado para la cosecha, el cual deberá estar limpio y seco al igual que el equipo o medio de transporte. La cosecha debe hacerse cuando el grano tenga las condiciones adecuadas (baja humedad y la plena madurez).

Las medidas poscosecha incluyen el uso de secado del grano para reducirle la humedad, unas condiciones apropiadas de almacenamiento y que los vehículos de transporte utilizados están secos y libres de hongos (CAC, 2003, Quillien, 2002). La aplicación de estas precauciones nos permite reducir la contaminación por micotoxinas en los alimentos, pero por sí solas no resuelven el problema, por lo que deberán ser parte integral de un sistema de gestión basada en el sistema HACCP sistema (López-García *et al.*, 1999).

b. Análisis de peligros y de puntos críticos de control (APPCC)

La inclusión del APPCC en el control de las micotoxinas nos sirve para darle un enfoque global al problema y este debe incluir estrategias de prevención, control y calidad en la unidad de producción. En la industria alimentaria, el control poscosecha de las micotoxinas se ha abordado a través de planes de APPCC, que incluyen el uso de sistemas de proveedores aprobados. La aplicación de este tipo de estrategias durante la cosecha necesita más atención de la que se le ha dado hasta el momento. Esta acción proporciona una primera barrera para prevenir la introducción de contaminantes en los alimentos y piensos. En algunas regiones ya han establecido este tipo de programas para el control de las aflatoxinas en el maíz, coco, cacahuete, maní y frutos secos. También se han implementado para reducir la presencia de patulina en el zumo de manzana y pistachos en el sudeste asiático, los cacahuetes y productos de maní en África, los frutos secos en el África occidental, y patulina en el zumo de manzana y pistachos en América del Sur (FAO, 2003). Aldred y Magan (2004) idean una serie de planes de APPCC para el trigo a base de productos básicos y López *et al.*, (1999) proporcionan orientación para el desarrollo de un programa de gestión integrada de las micotoxinas.

c. Medidas de control biológico

La utilización del control biológico para desintoxicar de micotoxinas a algunos animales es una alternativa con un gran potencial. La exposición del DON a algunos microorganismos establecidos en el contenido del intestino grueso de

pollos, lo transformó completamente in vitro a de-epoxi-DON, el cual es 24 veces menos tóxicos que el DON solo (He *et al.*, 1992; Eriksen, 2003). Resultados similares se han demostrado con la microflora de los intestinos de vaca (Binder *et al.*, 1998).

Uso de variedades resistentes al ataque de hongos

Los esfuerzos actuales de investigación, se están centrando en la prevención de la infección durante la cosecha, con énfasis en los mecanismos por los que las plantas afectadas pueden inhibir el crecimiento de hongos o destruir las micotoxinas que producen. La cría tradicional de los hongos en grano ha sido la estrategia preferida para seleccionar los rasgos genéticos adecuados, durante muchos años. Este enfoque se ha limitado a *Fusarium graminearum* y *Aspergillus flavus*. Hay híbridos actualmente en uso, que limitan la producción de micotoxinas, sin embargo, el potencial de llegar a los niveles mínimos sigue siendo imposible. La producción de fumonisina ha recibido menos atención de los investigadores, sin embargo, algunos investigadores han tratado de buscar por métodos no tradicionales algún genotipo resistente a este hongo, pero hasta el momento no ha sido posible (Munkvold, 2003). Duvick (2001) señaló que las plantas infectadas con síntomas visibles pueden ser seleccionadas para el uso de técnicas tradicionales de cultivo, pero muchos de los hongos productores de micotoxinas están sin aparecer signos visibles en la superficie.

La modificación genética de los vegetales sensibles a los hongos promete ser una buena alternativa para el control de hongos productores de micotoxinas en cuestión de seguridad alimentaria. En trabajos realizados por Karlovsky (1999), Duvick (2001), y Munkvold (2003) se examinaron una variedad de enfoques. Uno de ellos implica un aumento de la producción de los compuestos que reducen la infección por el microorganismo (por ejemplo, antifúngicos o metabolitos secundarios, tales como ácido hidroxámico, ácidos fenólicos, estilbenos, entre otros). Esto puede lograrse mediante la introducción de un nuevo gen para expresar el compuesto objetivo. Otra opción es aumentar la expresión de dicho compuesto por los genes, con la capitalización de los mecanismos de defensa de la propia planta. Por ejemplo, las enzimas que catalizan la producción de compuestos antifúngicos podrían ser objeto de expresión. Alternativamente, se ha buscado la utilización de la ingeniería genética para aumentar la producción de enzimas que degradan las micotoxinas (Duvick, 2001; Munkvold, 2003).

Un Maíz transgénico que degrada la fumonisina ha sido patentado para consumo de porcinos (Duvick y Rood, 1998). También se están realizando esfuerzos en ingeniería de plantas para producir compuestos que alteran la síntesis de micotoxinas. Por ejemplo, el aumento de la expresión de un inhibidor de α -amilasa en *Aspergillus* spp podría provocar una reducción significativa de los niveles de aflatoxina (Duvick, 2001; Munkvold, 2003). Otra manera de bajar los niveles de micotoxinas, es reducir el daño de los insectos en la planta o en los granos; ya que estos juegan un papel importante en la proliferación de los hongos en el campo y en el almacenamiento. La resistencia desarrollada a través de la utilización de varios Bt (*Bacillus thermophilus*) en los genes de maíz, trigo y otros cereales para reducir al mínimo el daño causado por insectos ha llevado a la reducción de la pudrición de la mazorca por *Fusarium* (*F. verticillioides* y *F. proliferatum*) y de los niveles de micotoxinas en el grano. Munkvold (2003) citó 19 informes sobre los híbridos Bt y en 12 de estas demostró la reducción de la producción de micotoxinas en comparación con el control. Es importante señalar, sin embargo, que este enfoque no es una solución a largo plazo para la producción, porque las fumonisinas producidas por *Fusarium spp* pueden entrar en los granos, independientemente de si hay o no lesiones producidas por insectos. Además, no se observó la reducción de aflatoxina en los híbridos Bt.

CONCLUSIONES

La situación actual en torno a las micotoxinas presentes en los granos almacenados en nuestro país es muy compleja, ya que la solución de este problema es igual o más de complejo, debido a diversos factores, por ejemplo, las condiciones climáticas donde se producen la mayoría de los granos son las adecuadas para el desarrollo y proliferación de los hongos micotóxicos, se requiere modificar las condiciones de almacenamiento (humedad y temperatura) para que no se desarrollen los hongos y las consecuentes micotoxinas y la mayoría de los productores no tienen los recursos suficientes para hacer estas adecuaciones a sus almacenes, falta mucha investigación al respecto y un mayor interés del sector salud de nuestro país, para que le de prioridad al apoyo de proyectos relacionados con el control de plagas y hongos micotóxicos en granos almacenados.

La conciencia del público sobre cuestiones relacionadas con las micotoxinas es cada vez mayor. Karlovsky (1999) da 3 explicaciones para este fenómeno. En primer lugar, la química analítica es cada vez más capaz de cuantificar la presencia

de toxinas en un número creciente de alimentos básicos. En segundo lugar, los nuevos y mejorados bioensayos para realizar estudios toxicológicos han superado las capacidades de los métodos menos sofisticados y ha permitido la identificación de efectos negativos para la salud que antes no se habían encontrado. En tercer lugar, la disponibilidad de métodos de prueba de rutina que son eficientes y asequibles ha permitido que en la casa se pueda tener vigilancia en este aspecto, lo que resulta en un mayor número de contaminaciones identificadas.

La variabilidad en la contaminación de micotoxinas y el potencial para que surjan nuevas micotoxicosis nos dan las perspectivas de que pueda haber probabilidades de que se de una micotoxicosis en humanos, sobre todo en los países en desarrollo, en los que la vigilancia es menos disponible a causa de las limitaciones económicas y tecnológicas. Las consecuencias en la salud humana debido a aflatoxicosis agudas van desde la muerte hasta la desnutrición de la población, lo cual es devastador para las poblaciones afectadas. Se sabe muy poco acerca de los efectos a largo plazo de la exposición de bajo nivel de micotoxinas, especialmente con respecto a co-contaminación con micotoxinas múltiples. Por lo tanto, el desarrollo de nuevas tecnologías y métodos de bajo costo para la vigilancia de micotoxinas es un imperativo de salud mundial. La prevención de la contaminación por micotoxinas en los alimentos, puede tener un efecto significativo sobre la salud pública en países de bajos ingresos y que merece gran atención. La industria alimentaria y el sector salud de nuestro país, debe tomar la iniciativa en estos esfuerzos, ya que contribuirá a mejorar la sostenibilidad económica de la industria, el aumento de los esfuerzos de seguridad alimentaria, el aumento de los esfuerzos internacionales de comercio y la mejora de la salud pública. Por tal motivo, es muy importante que se modifiquen las normas oficiales sobre la presencia de las micotoxinas, ya que solo toman en cuenta las aflatoxinas y dejan por fuera a las demás, las cuales son de igual o mayor importancia para la salud de los consumidores.

BIBLIOGRAFÍA

- Aish JL, Rippon EH, Barlow T, Hattersley SJ. 2004. **Ochratoxin A**. *In: Magan N, Olsen M, editors. Mycotoxins in food: detection and control*. Boca Raton, Fla.: CRC Press. p 307–38.
- Aldred, D. y Magan, N. 2004. **The use of HACCP in the control of mycotoxins: the case of cereals**. *In: Magan N, Olsen M, editors. Mycotoxins in food:*

- detection and control. Boca Raton, Fla.: CRC Press. p 139–73.
- Austwick, P.K.C. 1978. **Mycotoxins in Poultry**. En *Mycotoxic Fungi, Mycotoxins, Mycotoxicoses: An Encyclopedic Handbook*. Volume 2: Mycotoxicoses of Domestic and Laboratory Animals, Poultry, and Aquatic Invertebrates and Vertebrates. Wyllie, T.D. y Morehouse, L.G. (eds.). Marcel Dekker, Inc, Nueva York, Estados Unidos de América. p. 279-301.
- Bhat, R.V., Beedu, S.R., Ramakrishna, Y. y Munshi, K.L. 1989. **Outbreak of trichothecene mycotoxicosis associated with consumption of mould-damaged wheat products in Kashmir Valley, India**. *Lancet* I, 35-37.
- Beardall, J.M. y Miller, J.D. 1994. **Diseases in humans with mycotoxins as possible causes**. En: *Mycotoxins in Grain: Compounds other than Aflatoxin*. Miller, J.D. y Trenholm, H.L. (eds.). Eagan Press. St. Paul, Minnesota, Estados Unidos de América. págs. 487-539.
- Binder, E.M., Binder, J., Ellend, N., Schaffer, E., Kriska, R. and Braun, R. 1998. **Microbiological degradation of deoxynivalenol and 3-acetyl-deoxynivalenol**. In: Miraglia M, van Egmond H, Brera C, Gilbert J, editors. *Mycotoxins and phycotoxins—developments in chemistry, toxicology and food safety*. Fort Collins, Colo.: Alaken, Inc. p 279–85.
- Bothast RJ, Bennett GA, Vancauwenberge JE, Richard JL. 1992. **Fate of fumonisin B1 in naturally contaminated corn during ethanol fermentation**. *Appl Environ Microbiol* 58:233–36.
- Bove, F.J. 1970. **The story of ergot**. Kager Verlag, Basel. Nueva York, Estados Unidos de América.
- Bradburn, N., Coker, R.D. y Blunden, G. 1994. **The Aetiology of Turkey X Disease**. *Phytochemistry* 35(3), 817.
- Brown, E.S., McCormick, S.P., Alexander, N.J., Proctor, R.H. and Desjardins, A.E. 2001. **Genetic and biochemical approach to study trichothecene diversity in *Fusarium sporotrichioides* and *Fusarium graminearum***. *Fungal Genet Biol* 32:121–33.
- Burgess LW, Summerell BA, Bullock S, Gott KP, Backhouse D. 1994. **Laboratory manual for Fusarium research**. 3rd ed. Sydney, Australia: University of Sydney, Royal Botanic Gardens.
- Camou-Arriola JP, y Price RL. 1989. **Destruction of aflatoxin and reduction of mutagenicity of naturally-contaminated corn during the production of a corn snack**. *J Food Prot* 52:814–7.
- CAC. 2003. **Code of practice for the prevention and reduction of mycotoxin**

- contamination in cereals, including annexes on ochratoxin A, zearalenone, fumonisins and tricothecenes.** Codex Alimentarius Commission. CAC/RCP 51–2003.
- CAST. 2003. **Mycotoxins: risks in plant, animal, and human systems.** Ames, Iowa: Council for Agricultural Science and Technology. P. 199.
- Carrillo L. 2003. **Los hongos de los alimentos y forrajes.** Cap 1 Mohos y micotoxinas. Universidad Nacional de Salta.
- Cazzaniga, D., Basílico, J.C., Gonzalez, R.J., Torres, R.L. and Degreef, D.M. 2001. **Mycotoxin inactivation by extrusion cooking of corn flour.** Lett Appl Microbiol 33:144–7.
- Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer (CIIC) (1993b). **Toxins derived from *Fusarium graminearum*: zearalenone, deoxynivalenol, nivalenol and fusarenone X.** En: IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, volumen 56. IARC, Lyon, Francia. págs. 397-444.
- CDC. 2004. **Outbreak of aflatoxin poisoning—eastern and central provinces.** Kenya, January-July. MMWR Morb Mortal Wkly Rep. 53(34):790–3.
- Chelkowski, J., Golinski, P., Szebiotko, K. 1981. **Mycotoxin in cereal grain.** Part II. The fate of ochratoxin A after processing of wheat and barley grain. Nahrung 25:423–6.
- Chen, J., Mirocha, C.J., Xie, W., Hogge, L., Olson, D. 1992. **Production of the mycotoxin fumonisin B1 by *Alternaria alternata* f. sp. *lycopersici*.** Appl Environ Microbiol 58:3928–31.
- CIIC. 1993. **Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer. Ochratoxin A,** In: IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, volumen 56. IARC, Lyon, Francia. págs. 489-521.
- CIIC. 1993b. **Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer. Toxins derived from *Fusarium sporotrichioides*: T-2 toxin.** In: IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, volumen 56. IARC, Lyon, Francia. págs. 467-488.
- CIIC. 1993c. **Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer. Toxins derived from *Fusarium moniliforme*.** Fumonisin B1 and B2 and Fusarin C, En *IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans*, volumen 56. IARC, Lyon, Francia. págs. 445-466.
- Coker, R.D. 1997. **Mycotoxins and their control: constraints and opportunities.** NRI Bulletin 73. Chatham, Reino Unido: Natural Resources Institute.
- Desjardins, A.E., Proctor, R.J., Bai, G., McCormick, S.P., Shaner, G., Buechley,

- G. y Hohn, T.M. 1996. **Reduced virulence of trichothecene-non producing mutants of *Gibberella zeae* in wheat field tests.** Mol Plant Microbe Interact 9:775–81.
- Duvick, J. 2001. **Prospects for reducing fumonisin contamination of maize through genetic modification.** Environ Health Perspect 109:337–42.
- Duvick, J, Rood, T.A. inventors; Pioneer Hi-Bred Intl., assignee. 1998. **Zearlenone detoxification compositions and methods. US Patent 5,846,812.** In: Murphy, P.A., Hendrich, S., Landgren, C. and Bryant M.C., 2006. Food Mycotoxins: An Update. Journal of Food Science Vol. 71, No. 5: 51-65.
- Edwards, S.G. 2004. **Influence of agricultural practices on Fusarium infection of cereals and subsequent contamination of grain by trichothecene mycotoxins.** Toxicol Lett 153:29–35.
- Eriksen, G.S. 2003. **Metabolism and toxicity of trichothecenes [Doctoral thesis].** Swedish Univ of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden. In: Murphy, P.A., Hendrich, S., Landgren, C. and Bryant M.C., 2006. Food Mycotoxins: An Update. Journal of Food Science Vol. 71, No. 5: 51-65.
- FAO. 2003. **Manual sobre la aplicación del sistema de análisis de peligros y de puntos críticos de control (HACCP) en la prevención y control de las micotoxinas.**
- Fuchs, R., Radic, B., Ceovic, S., Sostaric, B. y Hult, K. 1991. **Human exposure to ochratoxin A.** En: Mycotoxins, Endemic nephropathy and Urinary Tract Tumours. Castegnaro, M., Plestina, R., Dirheimer, G., Chernozemsky, I.N. y Bartsch, H. (eds.). Publicaciones del CIIC, N° 115, Lyon, Francia, IARC, págs. 131-134.
- Gelderblom, W.C.A., Cawood, M.E., Snyman, S.D., Vleggaar, R. y Marasas, W.F.O. 1993. **Structure activity relationships of fumonisins in short-term carcinogenesis and cytotoxicity assays.** Food Chem Toxicol 31:407–14.
- He, P., Young, L.G. and Forsberg, C. 1992. **Microbial transformation of deoxynivalenol (vomitoxin).** Appl Environ Microbiol 58:3857–63
- Heilmann W, Rehfeldt AG, Rotzoll F. 1999. **Behavior and reduction of ochratoxin A in green coffee beans in response to various processing methods.** Eur Food Res Technol 209:297–300.
- IARC. 1993. **Aflatoxins: naturally occurring aflatoxins (Group 1), aflatoxins M1 (Group 2B).** Int Agency Res Cancer 56:245.
- Jackson, L.S., Hlywka, J.J., Senthil, .KR., Bullerman, L.B. and Musser, S.M.

1996. **Effects of time, temperature, and pH on the stability of fumonisin B1 in an aqueous model system.** J Agric Food Chem 44:906–12.
- JECFA. 1996a. **Patulin. Safety evaluation of certain food additives and contaminants.** Serie sobre aditivos alimentarios de la OMS, 35, págs. 377-402.
- JECFA. 1996b. **Ochratoxin A: A safety evaluation of certain food additives and contaminants.** Serie sobre aditivos alimentarios de la OMS, 35, págs. 363-376.
- Karlovsky P. 1999. **Biological detoxification of fungal toxins and its use in plant breeding, feed and food production.** Nat Toxins 7:1–23.
- Lillehoj E.B. 1991. **Aflatoxins: an ecologically elicited genetic activation signal.** En: Smith JE, Henderson RS, eds. Mycotoxins and Animal Foods. CRC Press, Boca Ratón. pp. 1-35.
- Lopez, G.R, Park, D.L. y Phillips, T.D. 1999. **Integrated mycotoxin management systems. Tunis, Tunisia: Third Joint FAO/WHO/UNEP International Conference on Mycotoxins.** Document No. MYC-CONF/99/6a.
- Lubulwa, A.S.G. y Davis, J.S. 1994. **Estimating the social costs of the impacts of fungi and aflatoxins in maize and peanuts.** En: Stored Product Protection. Proceedings of the 6th International Working Conference on Stored-product Protection. Highley, E., Wright, E.J., Banks, H.J. y Champ, B.R. (eds.). CAB International, Wallingford, Reino Unido. págs. 1017-1042.
- Luo, Y. 1988. **Fusarium toxins contamination of cereals in China.** En: Proceedings of the 7th International IUPAC Symposium on Mycotoxins and Phycotoxins, Tokio, agosto de 1988. Aibara, K., Kumagai, S., Ohtsubo, K. y Yoshizawa, T. (eds.). Japanese Association of Mycotoxicology, Tokio, Japón. págs. 97-98.
- Marasas, W.F.O., Nelson, P.E. y Toussoun, T.A. 1984. **Toxigenic Fusarium species.** University Park, PA, Pennsylvania State University Press., Estados Unidos de América.
- Marasas, W.F.O., Riley, T.R., Hendricks, K.A., Stevens, V.L., Sadler, T.W., Glineau-van Waes, J., Missmer, S.A., Cabrera, J., Torres, O., Gelderblom, W.C., Allegood, J., Martinez, C., Maddoz, J., Miller, J.D., Starr, L., Sullards, M.C., Roman, A.V., Voss, K.A., Wang, E. and Merrill, A.H. 2004. **Fumonisin disrupt sphingolipids metabolism, folate transport, and neural tube development in embryo culture and *in vivo*: a potential risk factor for human neural tube defects among populations**

- consuming fumonisin-contaminated maize.** *J Nutr* 134:711–6.
- McKenzie KS, Sarr A, Mayura K, Bailey RH, Miller DR, Rogers TD, Norred WP, Voss KA, Plattner RD, Phillips TD. 1997. **Chemical degradation of diverse mycotoxins using a novel method of ozone production.** *Food Chem Toxicol* 35:807–20.
- Mendez A.A., De Jesus, F.F., Castaneda, R.E., Arambula V.G., Moreno, M.E., 2004a. **The effect of toasting and boiling on the fats of B-aflatoxins during pinole preparation.** *J Food Eng* 65:585–89.
- Mendez-Albores, J.A., Villa, G.A., Del Rio-Garcia, J.C. y Martinez, E.M., 2004b. **Aflatoxin detoxification achieved with Mexican traditional nixtamalization process (MTNP) is reversible.** *J Sci Food Agric* 84:1611–4.
- Micco, C., Ambrozzi, M.A., Miraglia, M., Brera, C., Onori, R. y Benelli, L. 1991. **Contamination of human milk with ochratoxin A.** En: *Mycotoxins, Endemic Nephropathy and Urinary Tract Tumours.* Castegnaro, M., Plestina R., Dirheimer, G., Chernozemsky, I.N. y Bartsch, H. (eds.). Publicaciones científicas del CIIC, N°. 115. IARC, Lyon, Francia. págs. 105-108.
- Munkvold G. P. 2003. **Cultural and genetic approaches to managing mycotoxins in maize.** *Ann Rev Phytopathol* 41:99–116.
- Murphy, P.A., Rice, L.G. and Ross, P.F. 1993. **Fumonisin B1, B2 and B3 content of Iowa, Wisconsin and Illinois corn and corn screenings.** *J Agric Food Chem* 41:263–6.
- Murphy, P.A., Hendrich, S., Hopmans, E.C., Hauck, C.C., Lu, Z., Buseman, G. y Munkvold, G. 1996. **Effect of processing on fumonisins in foods.** *In:* Jackson LA, editor. *Fumonisin in foods.* New York: Plenum Publishing. p 323–34.
- Murphy, P.A., Hendrich, S., Landgren, C. y Bryant M. C. 2006. **Food Mycotoxins: An Update.** *Journal of Food Science* Vol. 71, No. 5: 51-65.
- Njapau H, Muzungaile EM, Changa RC. 1998. **The effect of village processing techniques on the content of aflatoxins in corn and peanuts in Zambia.** *J Sci Food Agric* 76:450–6.
- Norred WP, Voss KA, Bacon CW, Riley RT. 1991. **Effectiveness of ammonia treatment in detoxification of fumonisin-containing corn.** *Food Chem Toxicol* 29:815–9
- NTP (National Toxicology Program). 1999. **Technical Report on the Toxicology and Carcinogenesis Studies of Fumonisin B1 (CAS No. 116355-83-0) in F344/N Rats and B6C3F1 Mice.** NTP TR 496. NIH Publication No. 99-

3955.

- Osborne BG, Ibe FI, Brown GL, Patagine F, Scudamore KA, Bancks J N, Hetmanski MT. 1996. **The effects of milling and processing on wheat contaminated with ochratoxin A.** *Food Addit Contam* 13:141–53.
- Pettersson, H., Holmberg, T., Larsson, K. y Kaspersson, A. 1989. **Aflatoxins in acid-treated grain in Sweden and occurrence of aflatoxin M1 in milk.** *Journal of the Science of Food and Agriculture* **48**, 411-420.
- Pitt, J. I. 1996. **What are mycotoxins?** *Australian Mycotoxin Newsletter*. **7**(4), pág. 1.
- Quillien, J.F. 2002. **Mycotoxins.** Institut National de la Recherche Agronomique.
- Rheeder, J.P., Marasas, W.F.O., Thiel, P.G., Sydenham, E.W., Shephard, G.S. y van Schalkwyk, D.J. 1992. ***Fusarium moniliforme* and fumonisins in corn in relation to human esophageal cancer in Transkei.** *Phytopathology*, **82**, 353-357.
- Riley, R.T., An, N.H., Showker, J.L., Yoo, H.S., Norred, W.P., Chamberlain, W.J., Wang, E., Merrill, A.H. Jr. Motelin, G., Beasley, W.J. y Haschek, W.M. 1993. **Alteration of tissue and serum sphinganine to sphingosine ratio: an early biomarker of exposure to fumonisin containing feeds in pigs.** *Toxicol Appl Pharmacol* 118:105–12.
- Sage L, Garon D, Seigle-Murandi F. 2004. **Fungal microflora and ochratoxin risk in French vineyards.** *J Agric Food Chem* 52:5764–8.
- Scott, P.M., 1991. **Possibilities of reduction or elimination of mycotoxins present in cereal grains.** *In: Murphy, P.A., Hendrich, S., Landgren, C. and Bryant M.C., 2006. Food Mycotoxins: An Update. Journal of Food Science* Vol. 71, No. 5: 51-65.
- Seefelder W, Gossmann M, Humpf HU. 2002. **Analysis of fumonisin B1 in *Fusarium proliferatum*-infected asparagus spears and garlic bulbs from Germany by liquid chromatography-electrospray ionization mass spectrometry.** *J Agric Food Chem* 50:2778–81.
- Sewram V, Nair JJ, Nieuwoudt TW, Leggott NL, Shephard GS. 2000. **Determination of patulin in apple juice by high-performance liquid chromatography-atmospheric pressure chemical ionization mass spectrometry.** *J Chromatogr A* 897:365–74.
- Shephard GS, Thiel PG, Stockenstrom S, Sydenham WE. 1996. **Worldwide survey of fumonisin contamination of corn and corn-based products.** *JAOAC Int* 79:671-87.
- Speijers GJA. 2004. **Patulin.** *In: Magan N, Olsen M. editors. Mycotoxins in*

- foods: Detection and control. Boca Raton, Fla: CRC Press. p 339–52.
- Stopper H, Schmitt E, Kobras K. 2005. **Genotoxicity of phytoestrogens**. *Mutat Res* 574:139–55.
- Swanson, B.G. 1987. **Mycotoxins on fruits and vegetables**. *Acta Horticulturae* 207: 49-61.
- Torres, P., Guzman, O.M., Ramirez, W.B., 2001. **Revising the role of Hand thermal treatments in aflatoxin content reduction during tortilla and deep frying processes**. *J Agric Food Chem* 49:2825–9.
- Udagawa, S. 1988. **Mycotoxicoses - the present problems and prevention of mycotoxins**. *Asian Medical Journal* 31, 599 - 604.
- Van der Stegen GH, Essens PJ, van der Lijn J. 2001. **Effect of roasting conditions on reduction of ochratoxin A in coffee**. *J Agric Food Chem* 49:4713–5.
- Van Egmond, H.O. y Dekker, W.H. 1997. **Worldwide regulations for mycotoxins in 1995 – A compendium**. Serie FAO Alimentación y Nutrición 64, FAO, Roma, Italia.
- Voss, K.A., Chamberlain, W.J., Bacon, C.W., Herbert, R.A., Walters, D.B. y Norred, W.P. 1995. **Subchronic feeding study of the mycotoxin fumonisin B1 in B6C3F1 mice and Fischer 344 rats**. *Fund Appl Toxicol* 24:102–10.
- Wouters MFA, Speijers GJA. 1996. **Toxicological evaluations of certain food additives and contaminants in food: Patulin**. *WHO Food Addit Ser* 35:377–402.

Eusebio Nava Pérez

Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Facultad de Ciencias Químico-Biológicas de la Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS). Ingeniero Bioquímico en el Instituto Tecnológico de los Mochis. Profesor Investigador del departamento Agropecuario CIIDIR (COFAA) IPN Unidad Sinaloa.

Jesús Ricardo Camacho Báez

Maestría en Ciencias por el CIIDIR-IPN Unidad Sinaloa, especialidad en Recursos Naturales y Medio Ambiente. Ingeniero Agrónomo Especialista en Parasitología en la Escuela Superior de Agricultura (UAS) Culiacán, Sin. Profesor Investigador del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional del Instituto Politécnico Nacional CIIDIR (COFAA)-IPN Unidad Sinaloa.

Cuerpo Académico



Área de Bioinsecticidas
Departamento Agropecuario
CIIDIR IPN Unidad Sinaloa

Miguel Ángel Apodaca Sánchez

Doctorado en Ciencias (Fitopatología) por el Instituto de Fitosanidad, Colegio de Postgraduados (CP). Maestro en Ciencias, Centro de Fitopatología, CP. Ingeniero Agrónomo en Parasitología, Escuela Superior de Agricultura (ESA), Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS). Profesor-Investigador de tiempo completo en la ESA y ESA-Valle del Fuerte, UAS; y del Centro de Investigación Interdisciplinaria para el Desarrollo Integral Regional Unidad Sinaloa, Instituto Politécnico Nacional. Investigador Titular del Campo Experimental Valle del Fuerte, INIFAP. **Miembro del Sistema Nacional de Investigadores (SNI), CONACyT, México.**

Cuerpo Académico



Escuela Superior de Agricultura del Valle del Fuerte

CONTAMINANTES BIOLÓGICOS DE LOS GRANOS ALMACENADOS DE IMPORTANCIA SOCIOECONÓMICA EN SINALOA

Miguel Ángel Apodaca Sánchez
Eusebio Nava Pérez
Adolfo Dagoberto Armenta Bojórquez

INTRODUCCIÓN

El alimento es un factor que limita el desarrollo de todos los seres vivos y su lucha constante por obtenerlo es uno de sus atributos biológicos. El hombre tiene que competir con el resto de los organismos por los productos alimenticios que le interesan para la conservación de la vida. Los granos y sus derivados constituyen una fuente de nutrición para todos los seres vivos y su disponibilidad, en un momento dado, significa la satisfacción de una necesidad (Ramírez, 1984).

La conservación de los granos almacenados es motivo de preocupación del hombre, por su significado en la dieta humana y por la necesidad de resguardarlo contra el peligro que significa su aprovechamiento potencial por sus competidores. Este aspecto adquiere una especial dimensión, en la medida que la población humana se incrementa, por lo que todos los países prestan atención especial a su soberanía alimentaria. Para garantizar el abasto de alimentos no basta con producir enormes volúmenes de granos y frutas, también se requiere de sistemas eficientes de conservación de los productos cosechados, en óptimas condiciones físico-químicas y de sanidad (Christensen y Kaufmann, 1969).

La producción de alimentos de origen vegetal conlleva un riesgo constante que se manifiesta desde que la semilla se deposita en el suelo hasta la cosecha. En este trayecto los cultivos están expuestos a los factores climáticos y al ataque de plagas y enfermedades que pueden mermar la cantidad y calidad de las cosechas hasta en 100%.

Después de la cosecha, los volúmenes de alimento comúnmente no se consumen de inmediato, sino de manera gradual, en la medida que la población lo demanda. Al confinar los productos en el almacén se inicia otra etapa en la que se debe de cuidar meticulosamente la sanidad de los granos o frutos procedentes de los campos, el no hacerlo conlleva a pérdidas económicas, desabasto y riesgos sanitarios, con las consecuencias socioeconómicas implícitas.

Contaminantes biológicos y su importancia

Los granos constituyen órganos vivos que durante su almacenaje respiran el oxígeno del aire y emiten bióxido de carbono, vapor de agua y energía en forma de calor. En condiciones de buen almacenaje los granos y semillas se encuentran en estado de vida latente, con sus actividades vitales reducidas al mínimo, por lo que dan la impresión de hallarse sin vida. Los granos, como todo ser vivo, presentan cierta resistencia a la descomposición por los microorganismos, de tal modo que es posible almacenarlos en grandes volúmenes, por tiempos variables y sin deterioro; siempre que las condiciones sean favorables a su conservación (Ramírez, 1984; Calderón 1981).

Todos los seres vivientes están expuestos a la influencia de de los factores físicos, químicos y bióticos del medio ambiente que les rodea; factores físicos como la temperatura y la humedad, ejercen una influencia decisiva en el manejo y conservación de los granos. La calidad nutrimental y la inocuidad de los volúmenes de granos almacenados está muy ligada a la invasión de agentes vivos nocivos, cuyo desarrollo está en función del ambiente, así como de las prácticas de manejo del almacén (Ramírez, 1984).

Los organismos que afectan negativamente a la conservación de los granos se pueden considerar como contaminantes biológicos, desde una perspectiva antropocéntrica. Entre ellos destacan los artrópodos, roedores, aves y los hongos; el desarrollo de estos últimos está muy relacionado con el de los grupos restantes (Calderón, 1981; Christensen y Kaufmann, 1969).

El consumo de productos contaminados por los ataques de hongos, roedores y otros organismos, puede resultar en serios daños a la salud de la población humana, ganado y animales domésticos, situación que es crítica con los hongos que invaden a los granos. La micro flora, compuesta principalmente de hongos

saprófitos (mohos), actinomicetos y bacterias, están siempre presentes como un componente del biocomplejo del volumen de grano. Estos microorganismos y los hongos en particular, representan uno de los agentes de deterioro más significativos, pues bajo condiciones favorables de humedad, causan enormes pérdidas en los almacenes de granos (Calderón, 1981).

Cabe aclarar, que en el presente trabajo, el análisis sobre contaminantes biológicos se enfatiza sobre los hongos, su epidemiología y efectos nocivos a la salud humana y de los animales.

Hongos asociados a los granos almacenados

Los hongos en general poseen un cuerpo vegetativo o soma, que comúnmente consiste de filamentos alargados, llamadas hifas. El micelio, está compuesto por una red de hifas, que se ramifican dentro o sobre el sustrato (Alexopoulos *et al.*, 1996). En condiciones apropiadas de humedad y temperatura, esta red de hifas puede unir fuertemente a los granos, como si fuera cemento; el resultado puede ser el desarrollo de grandes bloques o pilas de grano inservible, de varios centímetros de diámetro, que pueden ser difícil de separar (Agrios, 2005; Christensen y Kaufmann, 1969).

En el campo o en el almacén, los hongos se reproducen comúnmente mediante esporas, que pueden abundar dentro de los almacenes, bajo condiciones apropiadas de temperatura y humedad. El aire y los insectos acarrean las esporas y las depositan en sitios aún sin invadir, en los que pueden germinar y formar nuevas colonias (Agrios, 2005).

Los diferentes géneros o especies de hongos forman esporas de diferente forma y color, que pueden ser muy características y por lo tanto útiles para diferenciar entre grupos o especies (Agrios, 2005; Alexopoulos *et al.*, 1996). Las esporas individuales son microscópicas, de tal forma que la evidencia más clara, a simple vista, de que un material está contaminado por hongos es la detección de sus colonias. Estas varían de color, densidad, textura y olor, lo cual depende de la especie fungosa, del material colonizado, su nivel de descomposición, así como del ambiente. El personal entrenado puede diferenciar a simple vista y con relativa precisión las colonias de los diferentes géneros y especies de hongos, pero se requiere de estudios de laboratorio para su identificación precisa. Actualmente,

además de los métodos tradicionales de identificación, como aquellos en base a morfología, se complementan con las técnicas moleculares.

Se conocen más de 150 especies de hongos que afectan a los granos almacenados. Los daños comúnmente son mayores, en zonas o estaciones en las que la cosecha se realiza bajo clima húmedo. Los hongos que invaden a los granos, en base a su comportamiento epidemiológico, se pueden dividir en “hongos de campo” y “hongos de almacén” (Christensen y Kaufmann, 1969).

Hongos de campo

Muchas de las especies de hongos se asocian a los granos, desde antes de la cosecha invaden a las plantas antes o durante la floración o bien durante la polinización, desarrollo, o maduración de los granos. A veces la contaminación sucede cuando las planta cortadas se hallan amontonadas, expuestas a intemperie, en espera de la trilla. Estas especies se denominan “hongos de campo” (Christensen y Kaufmann, 1969).

Los hongos de campo afectan la apariencia y calidad el grano desde antes de la cosecha, sus síntomas pueden detectarse con facilidad, comúnmente a simple vista, en diferentes órganos de la planta, en vainas, espigas, capítulos o mazorcas. Pero el daño por estos microorganismos, generalmente no aumenta, una vez que los granos se almacenan. Al almacenar granos, con daños parciales e irreversibles desde origen, su deterioro se puede acelerar en la bodega, al paso de pocas semanas, comúnmente por la invasión de los denominados “hongos de almacén”. Ejemplos notables de hongos de campo, son: *Alternaria*, *Cladosporium*, *Helminthosporium* y *Fusarium* (Christensen y Kaufmann, 1969). Aquí también se pueden incluir a los hongos que causan los carbonos y a otros grupos, cuyo ataque se limita comúnmente a pre cosecha.

Hongos de almacén

A diferencia de los hongos de campo, el hábitat predominante de estos microorganismos es la propia bodega. Estos microorganismos, no invaden severamente a los granos antes de la cosecha, salvo pocas excepciones, algunas de las más importantes son algunas especies de *Aspergillus* (Christensen y Kaufmann, 1969).

Los hongos de almacén pueden crecer en los granos cuyos contenidos de humedad estén en equilibrio con humedades relativas de 70-90%. Estos organismos cosmopolitas, son comunes y muy prolíficos en una gran variedad de materiales orgánicos e inorgánicos, restos vegetales en descomposición, productos alimenticios, piel, gomas, pinturas, telas y fibras vegetales, entre otros. En los almacenes, las esporas fungosas se producen en abundancia en cualquier superficie o sustrato, incluyendo el polvo, pero principalmente en restos de granos contaminados (Christensen y Kaufmann, 1969).

Al momento de la cosecha los granos pueden estar infectados ligeramente o solo contaminados superficialmente con pequeñas cantidades de hongos de almacén. Sin embargo, las contaminaciones más importantes comúnmente suceden en el interior de las bodegas, en donde el aire contiene abundantes esporas de estos organismos. A medida que pasan las semanas, la proporción de granos invadidos por hongos de almacén, inoculados previamente en el campo o durante su almacenaje, aumenta gradualmente, en función de las condiciones de almacenamiento, particularmente de la temperatura y humedad relativa (Christensen y Kaufmann, 1969).

La incidencia de hongos asociados a semilla puede variar en función de muchos factores, entre ellos el macro clima propio de cada región. Así, los problemas de granos almacenados son más graves en las zonas tropicales, en donde comúnmente por razones de alta temperatura y humedad relativa, se acortan los períodos de almacenaje y las pérdidas alcanzan el 100% (Cebreros, 1983).

En el trópico los sistemas de almacenaje son deficientes, en gran parte porque las bodegas están mal diseñadas, deterioradas o son mal manejadas. Así por ejemplo, en Tabasco, los sistemas de almacenaje bajo la tecnología tradicional son relativamente más eficientes que los de muchas bodegas. En un estudio realizado en ese Estado, la incidencia de hongos en el total de almacenes muestreados fue de 87%, lo que da idea de la dimensión del problema. Los hongos con mayor incidencia fueron *A. glaucus* 23%, *A. candidus* 16%, *A. fumigatus* 12% y *A. flavus* con 11% (Cebreros, 1983).

Factores favorables a los hongos de almacén

Algunos investigadores visualizan a un almacén como un ecosistema, en el que se dan numerosas interacciones entre los factores bióticos y abióticos. Los factores bióticos incluyen obviamente a los grano; muy ligados a ellos, por su dependencia alimenticia, se ubican a los insectos, ácaros, roedores y hongos. Los factores abióticos, interactúan con los bióticos e incluyen a la temperatura, humedad y composición del aire (Calderón, 1981). Los principales factores ambientales y de manejo que en lo general, influyen en el desarrollo de los hongos de almacén son:

Contenido de humedad

El desarrollo de cada una de las especies de hongos de almacén, requiere de un contenido mínimo de humedad. Hay que considerar tanto la humedad del volumen de grano, como la humedad relativa del aire en el interior del almacén. La invasión por hongos es más rápida y el daño es mayor, en la medida que la humedad en la masa de grano sea más alta, condición muy ligada a la temperatura, (Christensen y Kaufmann, 1969), entre otros factores.

La humedad relativa del aire circundante y la humedad dentro del grano alcanza una estabilidad dinámica, la cual se expresa como “contenido de humedad en equilibrio”. El grano absorbe agua del ambiente cuando la humedad relativa es alta, el proceso se revierte cuando la humedad del aire es baja. El grano es afectado crucialmente por la humedad ambiental y por altas temperaturas. Los daños más significantes a los granos, asociados a una alta humedad relativa, se derivan principalmente del ataque de la micro flora, misma que ocurre a humedades relativas mayores a 70% (Calderón, 1981).

La humedad es el principal factor, que influye en el desarrollo de la micro flora. El umbral de desarrollo de hongos como *Aspergillus* y *Penicillium* se da con rangos mínimos de 70-75% de humedad relativa. Arriba de estos niveles se pueden desarrollar especies xerofíticas como *A. restrictus* y *A. glaucus*, como resultados de su actividad metabólica se acumula mas humedad en el microambiente de los granos y así se proveen condiciones favorables para el desarrollo de hongos mesofíticos e hidrofíticos (Calderón, 1981).

Las humedades relativas esenciales para el crecimiento de algunas especies fungosas de almacén (a 26-30° C) son: *A. halopictus* 68%; *A. restrictus* 70%; *A. glaucus* 73%; *A. candidus* y *A. ochraceus* 80%; *A. flavus* 85% y *Penicillium* 80-90% (Calderón, 1981). Los hongos de almacén que son más resistentes a la escasez de humedad, incluyen a especies de *Aspergillus*, como *A. restrictus* y *A. halophilicus*, que no pueden crecer a contenidos de humedad inferiores, a valores cuyo punto de equilibrio es de 65% de humedad relativa (Christensen y Kaufmann, 1969).

Temperatura

Los hongos comunes de los granos almacenados crecen más rápido a 30-32°C y su ritmo de desarrollo disminuye a temperaturas menores a las mencionadas (Christensen y Kaufmann, 1969). Esta característica se aprovecha en las prácticas de manejo, a través de los sistemas de ventilación y refrigeración orientados a prolongar la conservación de granos. Sin embargo, algunas cepas de *A. glaucus* crecen (aunque lento) a 2-4° C y algunas de *Penicillium* pueden desarrollar abajo del punto de congelación, estas últimas requieren de una mayor humedad. La utilización de las bajas temperaturas puede ser tan efectiva en la conservación de granos, como el bajo contenido de humedad, sobre todo cuando el producto introducido a la bodega no se está deteriorado desde origen (Christensen y Kaufmann, 1969).

Por otra parte, el efecto de la temperatura sobre la micro flora está siempre interrelacionada con la humedad. Aunque algunas especies son algo tolerantes a las bajas temperaturas, la mayoría de los mohos conocidos requieren de altas temperaturas para crecer. Así el daño por micro flora es mínimo a bajas temperaturas, siempre que el contenido de humedad de los granos sea razonablemente alto, para no causar daño *per se* (Calderón, 1981). Por otra parte, los granos almacenados con alta humedad y/o temperatura, fomentan una fuerte actividad de los hongos de almacén, lo que a su vez genera núcleos de calor y una fuerte disminución en la calidad del grano (Christensen y Kaufmann, 1969).

Aire inter granular

El aire inter granular ocupa aproximadamente 25-40% del volumen de grano. En masas pequeñas de granos, la composición de este aire es similar al de la atmósfera,

pero en los grandes almacenes y en los silos, puede haber grandes diferencias, sobre todo si hay actividad de insectos y, o de hongos. En estos casos la concentración del CO_2 se incrementa en el espacio inter granular (Calderón, 1981).

Por otra parte, la composición del aire inter granular, puede modificarse artificialmente, sobre todo en los silos, cuando estos quedan sellados perfectamente. El objetivo de lo anterior es disminuir la concentración de oxígeno y, o aumentar la de CO_2 . Este microambiente puede ser letal a los insectos y altamente supresivo al desarrollo de hongos, de tal modo que se previene el deterioro de los granos (Calderón, 1981).

La composición de los gases de la atmósfera y particularmente la concentración del oxígeno, afecta el desarrollo de los mohos. Los hongos de almacén mas comunes no desarrollan en una atmósfera libre de oxígeno. Esta situación se puede dar bajo condiciones de almacenamiento hermético, en el cual el oxígeno se agota porque los propios microorganismos lo consumen. Sin embargo, en un ambiente normal de almacén, hay siempre suficiente oxígeno para el desarrollo de la micro flora (Calderón, 1981).

Estructura del almacén

En los almacenes los granos se mantienen confinados en costales o al granel. Estos almacenes se construyen de diferentes materiales y sus diseños son muy variables, pero deben de evitar la entrada de roedores y aves, también de aislar en lo posible a los granos, del calor y humedad excesiva. Los almacenes o silos modernos, están diseñados para un manejo y conservación eficiente de los granos, deben de estar equipados para la aplicación de tratamientos químicos, incluida la fumigación, al igual que la aireación y secado. La estructura del almacén es un componente importante de los ecosistemas de granos, de tal modo que un diseño y construcción adecuados, son factores decisivos para prevenir el deterioro de los granos (Calderón, 1981).

Por el contrario, los almacenes mal diseñados o el almacenaje en espacios improvisados, a veces al aire libre, representa un enorme riesgo a la sanidad de los granos, en virtud de que es difícil disminuir los efectos ambientales adversos, como lo es la lluvia y alta humedad ambiental

Período de almacenaje

Si el grano se va a conservar por pocos días, su condición al momento de ingresar al almacén puede ser de poca importancia, al menos para el vendedor, no así para el comprador o el consumidor. Los granos pueden almacenarse en condiciones satisfactorias por varios años, siempre y cuando se haga de manera adecuada. En ese sentido es importante el tipo de almacén, su equipamiento para regular el ambiente, monitoreo de humedad y temperatura y de los hongos asociados al grano (Christensen y Kaufmann, 1969).

Grado de invasión inicial por hongos de almacén

El grano recién cosechado, que ya ha sido transportado o almacenado, en condiciones que propiciaron una invasión y deterioro inicial, puede sufrir serios daños en el sitio definitivo de almacenaje. En igualdad de condiciones, este grano se deteriora con mayor velocidad que un grano sano; a menos que se tomen medidas estrictas, para regular su temperatura y humedad (Christensen y Kaufmann, 1969).

En la práctica, los volúmenes de granos que vienen directamente del campo o de otras bodegas, pueden traer diferente contenido de humedad, material extraño o nivel de deterioro. Este aspecto complica la conservación, pues la práctica de mezclar granos de diferente humedad, lejos de equilibrar a esta última a un nivel aceptable, puede propiciar un mayor deterioro y pérdidas cuantiosas (Christensen y Kaufmann, 1969).

Material extraño

Este material consiste principalmente de partículas más finas que el grano, e incluyen comúnmente a: a) semillas quebradas o paja de la especie de interés, b) semillas de maleza, c) restos de plantas, d) insectos o sus restos, e) partículas de suelo. Estos materiales pueden deteriorar la maquinaria, además de servir como sustrato para el desarrollo de los hongos de almacén, pues llegan a acumular humedad. En los volúmenes de grano, es deseable que la cantidad de material extraño sea mínima, con el fin de lograr un almacenamiento prolongado (Calderón, 1981).

Fauna del almacén

Los insectos y ácaros, durante su desarrollo producen bióxido de carbono y vapor de agua, además de que con sus heces contaminan los granos y contribuyen a una mayor humedad. En igualdad de circunstancias, en los volúmenes de grano infestados con insectos y ácaros, la humedad del grano es mayor, en comparación a granos conservados sin estos invertebrados. En consecuencia, la humedad puede fomentar el desarrollo inicial de los hongos y en la medida que estos proliferan en las masas de grano, los daños se pueden aumentar alarmantemente (Christensen y Kaufmann, 1969).

Además, los insectos y los ácaros ayudan a diseminar a los hongos de almacén, pues las esporas quedan adheridas en sus cuerpos. Las transportan en la medida que estos animales invaden nuevos volúmenes de grano (Christensen y Kaufmann, 1969).

Los insectos son habitantes comunes de los ecosistemas de granos y de las 100 especies que se sabe dañan a los productos almacenados, aproximadamente 20 son plagas importantes. Cada especie de insecto puede tener requerimientos ambientales específicos para su desarrollo, ovoposición y supervivencia; pero en general temperaturas de 22-38° C son favorables para la mayoría de ellas (Calderón, 1981).

El daño por roedores y aves puede ser importante, sobre todo en bodegas mal equipadas, en las que no se toman medidas contra estos animales, que se alimentan directamente de los granos. El daño por consumo directo de grano, puede ser mínimo en comparación con la contaminación del pelo, la orina y heces fecales de los roedores. Importantes enfermedades que afectan a los humanos pueden ser transmitidas por los roedores, de ahí que su control reviste especial importancia (Ramírez, 1984).

Características epidemiológicas de los hongos que afectan a los granos

Las especies de hongos de campo y, o de almacén, que se hallan asociados a los granos y son más importantes, se ubican en los géneros *Alternaria*, *Aspergillus*, *Fusarium* y *Penicillium*.

Alternaria

El género *Alternaria* contiene especies cosmopolitas que colonizan un amplio rango de materiales orgánicos. Actúan como saprobias y pueden deteriorar alimentos y forrajes, produciendo compuestos biológicamente activos, entre ellas las micotoxinas. En el campo, diversas especies de *Alternaria* pueden reducir significativamente el rendimiento y, o la calidad de los granos, frutas y legumbres (Agrios, 2005; Alexopoulos *et al.*, 1996).

Alternaria es, después de *Cladosporium*, el moho cuyas esporas se encuentran suspendidas en el aire con mayor frecuencia. En los cultivos de cereales las especies de *Alternaria* colonizan las hojas y los granos; pueden aislarse de la mayoría de los granos, en la etapa de la cosecha. El género *Alternaria* compite espacialmente con otros hongos, sobre la superficie vegetal y es antagonista de *Cladosporium*, *Epicoccum* y *Fusarium* (Rotem, 1994).

Alternaria es un hongo extremadamente común en abonos plantas como las fresas, crisantemos, tomates, zanahorias y espárragos, pulpa de madera y madera podrida, alimentos y tejidos, así como en diferentes tipos de suelo. Su distribución es universal y se considera s un hongo de espacios abiertos. Los conidios se aíslan con frecuencia del aire libre durante el tiempo caluroso (Rotem, 1994). En el interior de las viviendas puede aislarse del aire, polvo y lugares con humedad; como sucede en los marcos de las ventanas, en las que se condensa la humedad. El rango de temperatura de crecimiento varía entre 2 y 32 °C, con óptimos entre 25 y 28 °C (Carrillo, 2003).

Las especies de *Alternaria* son ubicuas en el ambiente y son parte natural de la flora fungosa en cualquier lugar, pues son agentes que normalmente contribuyen al debilitamiento y descomposición de la materia orgánica. Es un hongo de los que se registran con mayor frecuencia en las muestras de aire atmosférico de exteriores. Su presencia en el interior de las viviendas es reflejo de su concentración exterior y la proporción encontrada entre aire exterior e interior es de 4 a 1. Algunas especies son alergógenas comunes en humanos, pudiendo causar fiebre o reacciones de hipersensibilidad, que a su vez pueden derivar en el asma (Carrillo, 2003).

Por otra parte, en el género *Alternaria* se ubican varias especies que son importantes como patógenas de plantas. En México, ejemplos notables son: *A. solani*, que afecta papa y tomate; *A. carthami*, cártamo; *A. brassicae*, crucíferas; *A. alternata*, tomate y plantas ornamentales, entre otras. Rotem (1994) señaló que en este género, *A. alternata* es la especie con una mayor capacidad de atacar tejidos senescentes y tejidos debilitados; por ejemplo, en plantas senescentes de tomate, esporula en abundancia y contribuye al rápido deterioro de los frutos maduros (Rotem, 1994).

Al momento de la cosecha, puede haber una alta incidencia de *Alternaria* en el trigo, que puede persistir durante todo el almacenaje, si la humedad del grano se mantiene baja. Sin embargo, cuando la humedad del grano es alta, los típicos hongos de almacén (*Aspergillus*, *Penicillium*) empiezan a crecer y ejercen un fuerte efecto antagónico sobre la vitalidad de *Alternaria*, de tal modo que este hongo muere rápidamente en el almacén. Así, la ocurrencia de *Alternaria* puede servir como indicador, de que un grano ha sido cosechado recientemente, o que este se ha mantenido en buenas condiciones de almacenaje (Lacey, 1989). Sin embargo, la contaminación fuerte por *Alternaria* en pre cosecha de granos de cereal como el trigo, puede ser la causa de graves enfermedades en humanos, que ingieran derivados de esos productos contaminados (Qiao *et al.*, 2007)

Aspergillus

Este hongo es ubicuo, desarrolla prácticamente sobre cualquier sustrato, materia orgánica en descomposición, polvo, paredes, costales, telas, pinturas, entre otros. Es muy frecuente en productos alimenticios procesados, así como en frutas y granos (Agrios, 2005; Alexopoulos *et al.*, 1996).

Aspergillus spp. rara vez se comporta como un parásito agresivo de las plantas en el campo. Comúnmente es un agente oportunista, que aprovecha las heridas mecánicas, o las plantas debilitadas por diferentes tipos de estrés, para invadir y proliferar. Causa síntomas que varían desde pudriciones de semillas y frutos; secadera de plántulas, fallas en la germinación y pudriciones de tubérculos y frutos almacenados. Sin embargo, su importancia primordial se da en la conservación de los granos, particularmente cuando las condiciones de almacenamiento son inadecuadas (Agrios, 2005; Romero, 1988; Sommers *et al.*, 1992).

Aspergillus, es posiblemente el hongo más importante para la conservación de granos de cereales y oleaginosas. Pérdidas enormes pueden ocurrir, por el daño directo a la calidad nutrimental de los granos, además del riesgo para los animales y el hombre, derivado del consumo de material contaminado. Sin embargo, numerosas especies de *Aspergillus* y *Penicillium* son benéficas, ya que contribuyen a la degradación de la materia orgánica y otras son importantes en diversos procesos industriales (Agrios, 2005). *Aspergillus* spp. y *Penicillium* spp. funcionan como antagonistas de hongos y bacterias fitopatógenas en el suelo; contribuyen así a promover la sanidad de las raíces de las plantas.

Los mohos del género *Aspergillus* causan el deterioro de muchos productos alimenticios. En los granos almacenados, inhiben la capacidad germinativa; inducen cambios de color, calentamiento, amohosado, apelmazado y finalmente podredumbre de las semillas. Los productos metabólicos de la invasión fúngica suelen ser muy tóxicos, tanto para el hombre como para otros animales (Agrios, 2005; Christensen y Kaufmann, 1969).

La ubicuidad de los aspergilos se debe, a su capacidad para crecer a diferentes temperaturas, sobre sustratos con diverso contenido de humedad. La colonización de los granos durante el almacenamiento, por *Aspergillus* y otros mohos, se produce de forma explosiva, cuando la humedad relativa inter granular se eleva sobre 70%. El rango de temperatura para el crecimiento, va desde 0-5°C para *A. glaucus*, hasta 50-55°C para *A. fumigatus*; el óptimo varía entre 30-33°C para la mayoría de las especies (Eguiazú, 1984).

Fusarium

Fusarium es un hongo cosmopolita, de gran importancia agrícola, clínica e industrial. En el género *Fusarium* hay especies o poblaciones que son parásitas de humanos y animales; otras afectan a las plantas en el campo o en pos cosecha, mientras que algunas son benéficas pues ayudan a degradar la materia orgánica e incluso pueden colonizar a las raíces de las plantas, en donde actúan como agentes de control biológico natural (Agrios, 2005; Leslie y Summerell, 2006).

Las especies de *Fusarium* que afectan plantas, son numerosas, pero entre las más comunes en México, están *F. oxysporum* y *F. solani*. Estas dos especies causan marchitamiento, amarillamiento, achaparramiento y secadera de plantas;

podrición de raíces y base del tallo, entre otros. *F. o. f. sp. lycopersici* y *F. o. f. sp. radialis-lycopersici* provocan estragos en las zonas tomateras de México (incluyendo Sinaloa) y otros países, en donde las pérdidas pueden superar 50% (Apodaca-Sánchez *et al.*, 2002). La “rabia” es una enfermedad limitante a la producción de garbanzo en Sonora y Sinaloa, con pérdidas hasta de 100%, es causada por un complejo de hongos, entre los que destaca *F. oxysporum* y *F. solani* (García-Estrada, 2005). Así también, la podrición de tubérculos y marchitamiento de la papa, causada por *Fusarium* spp. es una enfermedad que puede reducir la producción y calidad de la papa en más de 60%, en las zonas productoras de México.

Las especies patógenas del género *Fusarium* poseen una amplia aptitud epidemiológica, que les permite asegurar una alta persistencia y eficiente diseminación. En su mayoría, colonizan rápidamente a residuos de cultivos frescos, en los que persisten por muchos años, en forma de micelio o clamidosporas. Las clamidosporas funcionan como estructuras de resistencia; consisten de células del micelio o de las esporas, que engrosan su pared y almacenan reservas de nutrimentos, que les confiere una capacidad de supervivencia de varios años. Además la mayoría de las especies de este género son capaces de transmitirse por semilla y, o de albergarse en raíces de malezas, en donde comúnmente no causan daño (Beckman, 1987; Apodaca-Sánchez *et al.*, 2002).

En gramíneas, las especies de *Fusarium* comúnmente más importantes son *F. graminearum*, *F. verticillioides*, *F. subglutinans*, entre otros, hongos de campo que afectan a cereales como trigo, cebada, avena, sorgo y maíz. En el almacén, estos hongos comúnmente no continúan su daño en el grano, a menos que el contenido de humedad sea extremadamente alto. Sin embargo, el grano dañado desde el campo, puede estar tan contaminado, que su consumo representa un riesgo sanitario desde antes de su almacenaje (Munkdolv y Desjardins, 1997).

La sarna de la espiga del trigo es causada por varias especies de *Fusarium*, entre las que destaca *F. graminearum*. A nivel mundial esta enfermedad es de enorme importancia económica y sanitaria en cultivos de trigo y cebada. Aunque el hongo no causa daños directos en almacén, en el campo sus efectos son devastadores, en países diversos, incluyendo a Estados Unidos, China, México, entre otros países. En Estados Unidos se reportaron pérdidas por mil millones de dólares en 1993 y de 500 millones en 1994. En China, en algunos años se han reportado

afectadas más de siete millones de hectáreas con pérdidas de 2.5 millones de toneladas de grano de trigo. El problema es importante en regiones donde el período de floración y fructificación coincide con periodos de alta humedad relativa, como sucede en las zonas altas del Estado de México, Michoacán y Jalisco.

La mayoría de las enfermedades del maíz asociadas a pudriciones de tallos, raíces, espigas, mazorcas y granos, son causadas por hongos, entre los que predomina *Fusarium*. La pudrición de la mazorca es una de las enfermedades de mayor importancia en todos los países maiceros, pues además de reducir el rendimiento, afecta adversamente las propiedades físicas, químicas y sanitarias de las semillas (Morales-Rodríguez, 2007). A nivel mundial, los agentes responsables de pudrición de la mazorca son comúnmente *F. proliferatum*, *F. subglutinans* y *F. verticillioides*. Estos patógenos sobreviven en el suelo, restos de plantas infectadas y dentro de la semilla, misma que puede presentar aspecto sano, a pesar de estar infectada (Munkvold y Desjardins, 1997; White, 2000). Las especies mencionadas causan enfermedades en plántulas, pudrición de raíces, tallos y mazorcas, además de dañar a los granos almacenados (White, 2000). El daño es favorecido por diversos tipos de insectos que dañan a los elotes o mazorcas (Munkvold y Desjardins, 1997; Munkvold *et al.*, 1997)

En México, daños severos por pudrición de tallos se presentan en la región del Bajío. En la primavera-verano 2005, en una superficie de 30 000 has de maíz amarillo, hubo pérdidas hasta de 58% en plantíos de temporal y hasta de 75% en sembradíos irrigados (Ireta-Moreno *et al.*, 2006). En el Valle del Carrizo, Sinaloa, en la década pasada hubo pérdidas estimadas en más de 40%, en aproximadamente 10 000 hectáreas de maíz bajo monocultivo. Cruz-Ortega *et al.* (2008) reportaron que la pudrición de tallos es la enfermedad más importante el centro y Norte de Sinaloa, con altas pérdidas en mas de 20 000 has, sometidas a monocultivo de maíz.

En otoño-invierno 2006-2007, en un muestreo en 80 plantaciones de maíz en fructificación, realizado por la junta Local de Sanidad Vegetal del Valle del Fuerte, se determinó que 84% de las plantas mostraban síntomas de pudrición de tallos, 13% de las cuales presentaron reducciones significativas en el rendimiento. En primavera-verano, la incidencia de plantas con síntomas fue de 70%; 32% de estas con daño severo (Quintero-Benítez y Apodaca-Sánchez,

2008). Se carece de estudios sobre el nivel de contaminación de estos hongos, en el grano cosechado.

En cuanto a la pudrición de la mazorca es una enfermedad que limita la productividad del maíz en las zonas altas Tlaxcala, Puebla, Morelos y Estado de México. Es causada por *Fusarium* spp., principalmente por *F. verticillioides* (Morales-Rodríguez, 2007). En Chiapas, la pudrición de la mazorca por *Fusarium* spp. es también una enfermedad que limita la productividad del maíz (López-Martínez *et al.*, 2008).

En algunas zonas templadas del Altiplano de México, en donde la maduración de las mazorcas coincide con abundante humedad relativa, es común la enfermedad denominada “germinación prematura” del maíz. El patógeno, *F. moniliforme* (= *F. verticillioides*), induce el desarrollo de plántulas, a partir de los granos de las mazorcas inmaduras que aun están adheridas a la planta (Félix y Romero, 1981). Esta enfermedad se ha reportado también en Estados Unidos, Francia, Venezuela y México, en donde puede disminuir el rendimiento hasta en 20% (Ayvar-Serna, 1997).

Penicillium

Los penicilios son mohos comunes que desarrollan sobre los más diversos sustratos: granos, paja, cueros, frutas, etc. La importancia de estos mohos en la alimentación humana y animal, se debe a que además del deterioro directo de los granos, producen toxinas (Agrios, 2005; Sommers *et al.*, 1992).

Penicillium es un género cosmopolita y muchas de sus especies son de las más abundantes en los suelos, en donde son eficientes competidores por los sustratos orgánicos. La fácil proliferación de *Penicillium* en los alimentos, es un problema para su conservación, debido a las toxinas que produce. Por otra parte, algunas especies de *Penicillium* son benéficas para los seres humanos; entre ellas las utilizadas en la producción de quesos como el roquefort, alimento absolutamente seguro de comer. La penicilina es un antibiótico producido por *P. chrysogenum*, un moho que crece sobre sustratos orgánicos muertos (Agrios, 2005; Alexopoulos *et al.*, 1996).

Existen también algunas especies de *Penicillium* que son patógenos importantes de frutas en pos cosecha, tal es el caso de *P. expansum* en manzana, *P. italicum* y *P. digitatum* causan serias pudriciones en frutos de mandarina y naranja (Sommers *et al.*, 1992).

Los granos de cereales pueden estar colonizados por *P. aurantiogriseum* desde antes de la cosecha, especialmente en las épocas húmedas, pero la mayor contaminación ocurre en los depósitos, donde se mantienen las esporas desde una cosecha anterior (Agrios, 2005; Lacey, 1989). La esporulación en condiciones de baja actividad del agua, permite a los hongos completar su ciclo de vida sobreviviendo a las condiciones adversas, para ser luego diseminados por insectos y ácaros (Lacey, 1989).

Los penicilios, al igual que los aspergilos, no son afectados por la luz y esporulan fácilmente en la obscuridad. *P. aurantiogriseum* y especialmente *P. roqueforti* pueden tolerar altas concentraciones de CO², por lo que suelen colonizar granos en silos sellados; pero la combinación de 80% CO² y < 1% O² en la atmósfera del silo, inhibe el desarrollo fúngico (Lacey, 1989). La baja temperatura de almacenamiento, disminuye la velocidad del deterioro de las frutas infectadas por *P. expansum*, pero no lo previene (Lacey, 1989; Sommers *et al.*, 1992).

Efectos a la salud por la contaminación de los granos con hongos

La contaminación de los granos por algunos hongos de campo y muchas especies de hongos de almacén, impacta en la salud de los humanos, mediante tres mecanismos principales: a) alergias; b) infecciones cutáneas y respiratorias; c) micotoxicosis (Stack, 2000). Sin embargo, estos tres tipos de efectos y sobre todo los dos primeros, no están asociados necesariamente con los granos almacenados. Las alergias e infecciones en humanos, puede establecerse a partir de inóculo de origen diverso, en virtud de que *Alternaria*, *Aspergillus* y *Penicillium*, son hongos ubicuos que abundan en el aire, gracias a que se alimentan de cualquier tipo de materia orgánica vegetal, senescente o muerta (Carrillo, 2003).

ALERGIAS

Las esporas fungosas de algunos hongos de campo, pueden abundar en las plantaciones dañadas de cereales, o de hortalizas; a partir de estas plantaciones, el

aire las desplaza a los poblados cercanos. Así también, altas densidades de esporas de hongos de almacén, puede abundar en las bodegas, cuyos volúmenes de los granos se hallan muy deteriorados, por malas condiciones de almacenamiento (Christensen y Kaufmann, 1969). La inhalación de esporas, de algunas especies de hongos de campo o almacén, afecta a la salud mediante el desarrollo de reacciones de hipersensibilidad, que derivan en alergias. Las alergias son más comunes en los obreros que han estado expuestos al ambiente de las bodegas por varios años (Ramírez, 1984).

▪ **Alergias por *Alternaria***

A. alternata es uno de los hongos más extensamente distribuidos y uno de los principales alérgenos. La inhalación, aún en concentraciones bajas de esporas, puede inducir reacciones de hipersensibilidad, en personas sensibilizadas. La abundancia relativa de los conidios de *A. alternata* en el aire libre y su presencia en las casas húmedas, convierte a este microorganismo en una fuente alérgica importante. En el campo, las concentraciones de *A. alternata*, pueden ser superiores 10 000 esporas / m³ de aire; valor superior al de los granos de polen. Además, la exposición es más duradera, puesto que puede durar meses mientras que la exposición a pólenes suele durar semanas. Esta exposición intensa y prolongada a *A. alternata*, se asemeja a la exposición a restos epidérmicos de animales, o a los ácaros del polvo; contribuye a la cronicidad y severidad del asma, en las personas sensibilizadas a este hongo (Carrillo, 2003). La alergia a *A. alternata* es una causa común de asma. Un 70% de los pacientes alérgicos a antígenos fúngicos, puede dar pruebas cutáneas positivas con *A. alternata*. La alergia a *Alternaria* se presenta clínicamente como reacciones asmáticas de tipo inmediato. La presencia de reacción cutánea a los antígenos de *A. alternata*, principalmente en niños y adultos jóvenes, se asocia con un elevado riesgo de cuadros respiratorios alérgicos, en presencia de esporas de este hongo (Carrillo, 2003).

A las esporas de *Alternaria*, se les vincula con la producción de cuadros de rinoconjuntivitis alérgica, asma bronquial y aisladamente a neumonitis. A diferencia de los pólenes, que producen principalmente rinoconjuntivitis alérgica, la alergia por *Alternaria* está asociada con mayor frecuencia con el asma; sobre todo en personas expuestas en lugares húmedos con material orgánico: pastizales, jardines, regadíos, entre otros (Carrillo, 2003).

En algunas zonas rurales de Australia, las alergias hacia *Alternaria* son prevalentes y un riesgo importante para el asma. El nivel de exposición depende de cada persona y sus actividades, pero está muy influenciada por los disturbios a la vegetación local. Hay una mayor liberación y concentración de esporas en el aire, después de vientos fuertes que sacuden las plantas; también durante las trillas; transporte y manipuleo de productos en campos y almacén; y durante la poda de las plantas de los jardines. La mayoría de las esporas inhaladas son probablemente alergénicas y su potencial se incrementa si estas aún poseen capacidad de germinar. En Australia, se ha estimado (mediante trampeo) que en actividades al aire libre, el número de esporas potencialmente inhaladas por un persona, podría variar desde 4 a 794 (media 11) esporas / hr (Mitakakis, 2000).

▪ Alergias por *Aspergillus*

Se denominan como aspergilosis a los distintos síndromes clínicos producidos por *Aspergillus* spp. Este hongo, produce enfermedades de distribución universal, que ocasionalmente aparecen en forma de brotes hospitalarios. *Aspergillus* es un ejemplo de patógeno oportunista, pues suele afectar a pacientes cuyos mecanismos de defensa se han debilitado (Kwon-Chung *et al.*, 1992).

Aspergillus puede causar enfermedades alérgicas, infección local o ser responsable de cuadros invasivos graves. En el caso particular de reacciones de hipersensibilidad por *Aspergillus*, se tiene a la sinusitis alérgica y la aspergilosis broncopulmonar alérgica; esta última suele deberse a la inhalación de conidios e hifas de *Aspergillus*. En casos crónicos puede aparecer fibrosis con pérdida gradual de la función pulmonar. En ocasiones, cuando se entra en contacto con grandes cantidades de alérgeno (en trabajadores de molinos de grano, de silos, etc.), puede producirse una alveolitis alérgica extrínseca. Los síntomas aparecen varias horas después de la exposición y consisten en tos seca, disnea y, en ocasiones fiebre (Kwon-Chung *et al.*, 1992).

Infecciones micóticas

Las esporas de algunas especies de hongos de almacén, también pueden causar infecciones; sobre todo del tracto respiratorio o la piel, en personas cuyos mecanismos de defensa se hallan debilitados por otras causas (Carrillo, 2003).

▪ Infecciones por *Alternaria*

Las especies de *Alternaria*, además de ser alergógenas comunes en humanos, también pueden causar infecciones oportunistas, en personas inmuno deprimidas. Muchos desórdenes de la salud humana pueden ser provocados por este hongo, mismo que llega a crecer en la piel y membranas mucosas, incluyendo los ojos y el tracto respiratorio. Aunque las alergias por este hongo son comunes, las infecciones serias son raras, excepto en personas debilitadas en su sistema inmune. *Alternaria* puede provocar lesiones cutáneas y subcutáneas, después de traumatismos, en personas con inmunosupresión. También es causa de endoftalmitis postquirúrgica y de onicomycosis. Se han observado infecciones invasoras sistémicas (encefalitis) en pacientes con sida (Carrillo, 2003).

Las lesiones cutáneas por *Alternaria*, se curan espontáneamente con la mejora o la resolución, de los factores subyacentes del enfermo. El tratamiento de las infecciones invasoras graves es más complicado, porque se suman las enfermedades severas subyacentes del enfermo, con la variable sensibilidad *A. alternata* a las sustancias anti fúngicas (Carrillo, 2003).

▪ Infecciones por *Aspergillus*

En el género *Aspergillus*, que incluye más de 185 especies, se han detectado alrededor de 20, asociadas a infecciones oportunistas en humanos. *A. fumigatus* es la especie más comúnmente aislada, seguida por *A. flavus*, *A. niger*, *A. nidalans*, entre otras. La inmunodepresión, es también el principal factor predisponente al desarrollo de infecciones oportunistas; estas varían desde locales a invasivas. Entre los hongos filamentosos, *Aspergillus* es, después de *Candida*, el más comúnmente aislado de las infecciones invasivas y en las micosis oportunistas (Carrillo, 2003).

Entre las cualidades vinculadas con la patogenicidad de *Aspergillus*, que propician los daños a humanos, se encuentran: a) el pequeño tamaño de sus esporas, que facilita sean aspiradas; b) su preferencia de crecer a 37°C, temperatura idónea para afectar al humano; c) capacidad de adherencia a superficies epiteliales y tendencia a invadir los vasos sanguíneos; c) la producción de gran número de productos extracelulares (elastasa, restrictocina, fumigatoxina, etc.) tóxicos para los mamíferos (Kwon-Chung *et al.*, 1992).

En los humanos, prácticamente cualquier órgano del cuerpo, puede ser afectado por *Aspergillus*. Puede inducir onicomycosis, sinusitis, aspergilosis cerebral, meningitis, endocarditis, miocarditis y aspergilosis pulmonar, entre otras. La ocurrencia de algunos tipos de aspergilosis, se debe en parte al uso de catéteres y otros utensilios de hospitales. *Aspergillus* spp. también pueden colonizar tejidos dañados por otras enfermedades como la tuberculosis, sarcoidosis, bronquiectasis, pneumocniosis, entre otras (Kwon-Chung *et al.*, 1992).

Las especies de *Aspergillus* rara vez causan enfermedades importantes, en pacientes normales. Los siguientes factores se han asociado a los riesgos de infección: a) penetración predilecta por sitios húmedos; b) limpieza excesiva del cerumen de las orejas; c) hábito de introducir materiales en el oído; d) utilización de equipos que cubren el oído como lo son audífonos, tapones, aparatos auditivos, entre otros (Kwon-Chung *et al.*, 1992).

Aspergillus spp., además de causar infecciones en el hombre, puede inducir infecciones respiratorias en pájaros e inducir abortos en vacunos y en borregos (Kwon-Chung *et al.*, 1992).

Micotoxinas

Diversas especies fungosas que crecen sobre los granos u otros productos vegetales, durante su invasión sintetizan metabolitos secundarios que le facilitan la colonización y evita que sean desplazados por otros microorganismos que compiten por el mismo sustrato. Muchos de estos metabolitos son tóxicos para plantas y/o animales, a los cuales enferman y pueden llegar a matar. Estas sustancias se conocen globalmente como micotoxinas, y los diferentes tipos de alteraciones se les llama micotoxicosis (Swanson, 1987).

La contaminación de los granos, por hongos de campo y, o de almacén, impacta principalmente a través de las micotoxinas, muchas de las cuales causan graves enfermedades en animales de granja y en el hombre. El problema de micotoxinas puede ser difícil de manejar, pues la contaminación es difícil de evitar; los hongos asociados son ubicuos y se multiplican fácilmente en diversos tipos de materia orgánica muerta.

Las características de las micotoxinas, sus efectos e impactos a la salud se tratan por separado, en otro capítulo de la presente publicación, de ahí que en esta

sección se abordarán únicamente algunos ejemplos, que pretenden ilustrar la importancia real de este problema en México.

En México, la contaminación por toxinas no es un problema exclusivo de los cereales. Robledo *et al.*, (2001), estudiaron la contaminación por micotoxinas en el maíz forrajero y café verde procedentes de Nayarit. Se determinó que todas las muestras de maíz analizadas presentaron contaminación por fumonisina B1 zearalenona y toxina T-2. En un 67% de las muestras de café verde analizadas, se encontró contaminación por ocratoxina A. Este trabajo ha puesto de manifiesto que en Nayarit, la contaminación por micotoxinas es un problema real en café y en maíz. En Chiapas, en cultivos industriales como el café (Garrido-Ramírez *et al.*, 2007) y cacao (Gutiérrez-Castillo *et al.*, 2007), se determinó a *Aspergillus* spp., como uno de los principales hongos asociados y con niveles peligrosos de contaminación por aflatoxinas y ocratoxina

El problema de las micotoxinas es también preocupante para la industria cervecera en México. En un estudio reciente, en el que se analizaron diez muestras de cebada, procedentes de los Valles Altos y el Bajío, se detectaron altas incidencia de *Fusarium* spp., principalmente *F. equiseti*. Las diez muestras resultaron positivas para DON, en concentraciones superiores a las toleradas por la normatividad de algunos países (Muñoz-Martínez *et al.*, 2005).

Por otra parte, la dieta del pueblo mexicano se basa en el consumo de maíz, frijol y chile. En México, se consumen anualmente 14 millones de toneladas de maíz; 65 de estas se destinan a elaborar tortillas. En estudios realizados por investigadores de la UNAM, se detectaron cantidades preocupantes de mico toxinas, en muestras de tortillas de maíz producidas en el México (Carvajal *et al.*, 1987).

Un factor de riesgo adicional, es que prácticamente es imposible inactivar por completo a las micotoxinas, mediante los tratamientos, químicos, térmicos y de presión, que se aplican corrientemente en la elaboración y conservación de los alimentos. Se ha encontrado que la fumonisina B₁ (FB₁) se hidroliza con el calor, pero no se detoxifica y tampoco se puede eliminar con el lavado. Actualmente se ha generalizado la comercialización de adsorbentes de toxinas, en la industria de los alimentos, con resultados satisfactorios parciales. La exposición de la harina a luz ultravioleta, usando al dióxido de titanio como catalizador, es un método promisorio (Calderón-Villagómez *et al.*, 2005).

El problema de aflatoxinas es de repercusión mundial, tanto en los países o zonas productoras de granos, frutas o piensos, como en los sitios de consumo. En México, en la década pasada, especies de *Aspergillus*, particularmente *A. flavus*, han causado serios daños en plantaciones de maíz y contaminación por aflatoxinas en granos almacenados, principalmente en el Estado de Tamaulipas. En Sinaloa no se ha prestado mayor atención a los riesgos por aflatoxinas, quizá porque los daños por *Aspergillus* spp. aparentemente son mínimos en el campo y en las bodegas. Al analizar 181 muestras de grano tomadas en almacenes y transportes; además de 74 muestras de mazorcas colectadas directamente en plantaciones a punto de cosecha, en diferentes municipios del Estado de Sinaloa. El 51% de las muestras de grano almacenado, estaban contaminadas con aflatoxinas; pero solamente una con niveles superiores a los establecidos para consumo humano (20 ug kg^{-1}) por las normas sanitarias mexicanas. De las muestras de campo, 24% presentaron micotoxinas, todas dentro de los límites permisibles (Martínez-Flores *et al.*, 2005).

Por otra parte, en Oaxaca, se reportó un brote severo de ELEM en equinos, en el que estaban asociadas las fumonisinas (Rosiles-Martínez *et al.*, 1996); sustancias que también se han confirmado contaminando granos de maíz, en el Noreste (Desjardins *et al.*, 1994) y en Sonora, México (Gallardo-Reyes *et al.*, 2006).

En 2002-2003 se recolectaron muestras de mazorcas de maíz blanco, en diez localidades de Sonora. En el Valle del Mayo, 67% de los granos presentaron a *Fusarium* spp., predominando ampliamente *F. verticillioides*. Además, seis de 20 muestras analizadas de ese Valle, presentaron niveles superiores a los permitidos por la FDA, para grano de maíz destinado a consumo humano. Así también, al estudiar la capacidad toxigénica de 20 de los aislados de *F. verticillioides* obtenidos en Sonora, todos mostraron una alta capacidad para producir fumonisinas. Los resultados anteriores, sugieren que *F. verticillioides* representa un riesgo potencial para la producción de maíz en el Noroeste de México (Gallardo-Reyes *et al.*, 2006).

En Sinaloa, en los diferentes híbridos comerciales, la incidencia de mazorcas podridas varía comúnmente de 1-5%, a causa de hongos como *U. maydis* (especie comestible), *Fusarium* spp., *Aspergillus*, spp., levaduras, entre otros; en estrecha interacción con daño de insectos. Pero en ciertos casos, puede haber 10-15% de mazorcas con cantidades variables de granos podridos, sobre todo en siembras

del ciclo primavera verano (Apodaca-Sánchez y Quintero-Benítez, 2008). Sin embargo, a la fecha se carece de estudios sistemáticos sobre la incidencia y la severidad de la pudrición de la mazorca; tampoco se tiene información sobre el nivel de fumonisinas, en el grano de maíz cosechado o almacenado. Los resultados ya mencionados, obtenidos en Sonora, representan un signo de alerta para todo el Noroeste de México, particularmente en el ciclo primavera verano, que es donde se observan las mayores incidencias de insectos (agentes predisponentes) y de pudriciones de la mazorca.

Por otra parte, muchas de las bodegas de Sinaloa son modernas y están acondicionadas para un adecuado almacenamiento del grano, previniendo así el desarrollo de contaminantes biológicos y en lo particular, la proliferación de los hongos toxigénicos. El secado y almacenaje en instalaciones apropiadas reduce significativamente las posibilidades del desarrollo de los hongos nocivos. Sin embargo, algunas empresas o agricultores, almacenan a intemperie el grano de maíz o sorgo, en verano y bajo ambiente lluvioso, lo que representa un alto riesgo de contaminación por micotoxinas.

CONCLUSIONES

En México, la contaminación de los granos por agentes biológicos es un problema real, que aparentemente ha sido subestimado hasta ahora. Los insectos y los hongos constituyen posiblemente los factores que mayor impacto tienen en la calidad de los granos almacenados. La naturaleza del problema es multifactorial, aunque está muy relacionado con: a) el ambiente cálido y, o húmedo que predomina en algunas zonas productoras, durante la etapa de cosecha o almacenamiento; b) la carencia de almacenes bien diseñados y equipados para un manejo apropiado de los granos; c) d) la falta de capacitación de los productores o de los operadores de los almacenes en los sistemas de monitoreo y de manejo de granos; e) la carencia de programas de difusión de los riesgos del consumo de productos contaminados; f) la apatía de las autoridades agrícolas y sanitarias; g) la corrupción y falta de ética de las instancias involucrados en el manejo y procesado de los granos, entre otras razones.

La mayoría de los países han establecido límites regulatorios, para aflatoxinas, fumonisinas y micotoxinas en general. Estas regulaciones incluyen comúnmente

procedimientos detallados de muestreo: aspecto crucial para obtener resultados confiables. La presencia de las micotoxinas es inevitable, de ahí que se requiera de los análisis de la materia prima y productos procesados, para mantener los alimentos en condición de inocuidad. Para el análisis de toxinas existen muchas opciones en cuanto al equipo y técnicas utilizadas, cuya sensibilidad, rapidez y costo es variable. En Sinaloa, algunos de estos métodos ya se utilizan en algunas empresas comercializadores de granos y son de carácter obligado en algunas industrias.

Por otra parte, el manejo preventivo y correctivo de los granos en el almacén, orientado a prevenir los ataques de contaminantes biológicos y de hongos en lo particular, se discute en otros capítulos de esta publicación. El manejo integrado de los hongos que dañan a los granos, debe de visualizarse desde una perspectiva sustentable, mediante la integración de diversas estrategias de manejo, que debe de iniciar en el campo mucho antes de la cosecha, con medidas tales como: a) incorporación al suelo de los residuos de cultivos contaminados; b) utilización de abonos verdes, enmiendas y compostas diversas; c) rotación de cultivos; d) desarrollo e introducción de híbridos resistentes o tolerantes; f) uso de semilla sana, tratada con fungicidas químicos o biológicos; g) establecimiento de las densidades de siembra apropiadas para fomentar la aireación de los cultivos; h) aplicar riegos oportunos y moderados; i) control plagas de insectos, roedores y aves que se alimentan de los granos; j) proporcionar una nutrición balanceada al cultivo; k) evitar en lo posible los retardos en la cosecha; l) cosechar los granos a las humedades recomendados; m) ajustar la operación de las trilladoras para disminuir la proporción de grano quebrado; n) evitar el almacenamiento a la intemperie, para disminuir los riesgos de los hongos toxigénicos (Apodaca-Sánchez y Quintero-Benítez, 2008).

BIBLIOGRAFÍA

- Agrios, G. N. 2005. **Plant pathology**. Academic Press. New York. 838 pp.
- Alexopoulos, C.J., Mims, C. W., and Blackwell, M. 1996. **Introductory mycology**. 4th ed. Wiley & Sons. New York. 456 pp.
- Apodaca-Sánchez, M.A. y Quintero, B. J. A. 2008. **La pudrición de la mazorca del maíz**. En: **Jornada de manejo sustentable del cultivo de maíz**. Fundación Produce Sinaloa, Culiacán Sinaloa, México. 71-77 p.

- Apodaca-Sánchez, M. A., Zavaleta-Mejía, E., García-Espinosa, R., Osada-Kawasoe, S., y Valenzuela-Ureta, J. G. 2002. **Frecuencia de campos infestados con *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* en Sinaloa, México y su control.** Revista Mexicana de Fitopatología 20:1-7.
- Ayvar-Serna, S. 1997. **Aislamiento e identificación de las micotoxinas producidas por el hongo *Fusarium moniliforme* Sheld., en maíz y su relación con las enfermedades denominadas pudrición de la mazorca y germinación prematura.** Tesis de doctor en ciencias. Facultad de Ciencias, UNAM. México, D. F. 106 pp.
- Beckman, C. H. 1987. **The nature of wilt disease of plants.** APS Press. St Paul, Minnesota. 5-15 p.
- Calderon, M. 1981. **The ecosystem approach for apprehending the extent of postharvest grain losses.** Phytoparasitica 9:157-167.
- Calderón-Villagómez, H. E., Thangarasu, P., Carvajal-Moreno, M., Burillo, G. and Peña-Betancourt, S. D. 2005. **Photo-degradation of fumonisins B₁ and B₂, toxins of the fungus *Fusarium verticillioides* (Sacc.) Nirenberg from corn (*Zea mays* L.), by ultraviolet radiation with titanium dioxide.** Revista Mexicana de Fitopatología 23:246-252.
- Carrillo, L. 2003. **Los hongos de los alimentos y forrajes.** Vol 1, 1ª edición. Salta, Argentina. 165 pp. (En línea). Disponible en www.unsa.edu.ar/matbib
- Carvajal, M. M., Rosiles, M. R., Abbas, H. K., y Mirocha, C. J. 1987. **Mycotoxin carryover from grain tortillas in México.** En: Aflatoxin in maize. Zuber, M. S., Lillehol, E. B., and Renfro, B. L. (eds.). CIMMYT. México, D. F. 318-319 p.
- Cebreros, S. F. 1983. **Identificación de hongos en granos almacenados en el Estado de Tabasco y su evaluación.** Tesis de Maestro en Ciencias. Colegio Superior de Agricultura Tropical. H. Cárdenas Tabasco. 66 pp.
- Christensen, C. M. and Kaufmann, H. H. 1969. **Grain storage: the role of the fungi in quality loss.** University of Minnesota Press. 164 pp.
- Cruz-Ortega, J. E., Caro-Macías, P. H., Castro-Carvajal, J.M. y García-Quintero, J. R. 2008. **Impacto de problemas fitosanitarios en el sistema de producción monocultivo del maíz.** En: Memoria de la II Jornada de Transferencia de Tecnología del Cultivo del Maíz. Fundación Produce Sinaloa-SAGARPA-Gobierno del Estado de Sinaloa. Culiacán, Sinaloa, México. 13-18 p.
- Eguiazú, G.M. 1984. **Comportamiento de almacenaje del girasol III. Grasas**

y Aceites 35: 325-329.

- Félix, G. R. y S. Romero, C. 1981. **Etiología de la germinación prematura del maíz en Huamantla, Tlaxcala.** Agrociencia 43:81-87.
- Gallardo-Reyes, E.D., Ibarra-Moreno, G.M., Sánchez-Mariñez, R.I., Cuamea-Cruz, G., Molina-Gil D., Parra-Vergara, N.V., Rosas-Burgos, E.C. y Cortez-Rocha, M.O. 2006. **Micobiota de maíz (*Zea mays* L.) recién cosechado y producción de fumonisinas B₁ por cepas de *Fusarium verticillioides* (Sacc.).** Revista Mexicana de Fitopatología 24:27-34.
- García-Estrada, R. S. 2005. **Manejo y control de *Botrytis*, moho blanco y rabia del garbanzo.** En: Memorias de la Jornada de Transferencia de Tecnología del Cultivo del Garbanzo. Fundación Produce Sinaloa. 63-70 p.
- Garrido-Ramírez, E. R., Camas-Gómez, R., Espinoza-Paz, N., Quiroga-Madrigal, R., Hernández-Gómez, E., Gómez-Bautista, R., y Ferrera- Ruiz, D. 2007. **Microbiota toxígena de ocratoxina y aflatoxinas asociada a granos de café en Chiapas, México.** En: Memorias del IX Congreso Internacional (XXXIV Nacional) de la Sociedad Mexicana de Fitopatología. Cancún, México. 005.
- Gutiérrez-Castillo, D. A., Moreno-Lara, J., Sánchez-Hernández, G., Moreno-Martínez, E. y Pérez-Reyes, M.C.J. 2007. **Hongos filamentosos asociados a grano de cacao lavado y micotoxinas.** En: Memorias del IX Congreso Internacional (XXXIV Nacional) de la Sociedad Mexicana de Fitopatología. Cancún, México. 086.
- Ireta-Moreno, J., Flores-López, H., Pérez-Domínguez, J. F., Medina-Ocegueda, S., y Soltero-Días, L. 2006. **La pudrición del tallo (*Fusarium* sp.) del maíz: análisis de una epifitía en el Bajío, México.** En: Memorias del VIII Congreso Internacional (XXXIII Nacional) de Fitopatología. Manzanillo, México. C-11
- Kwon-Chung, K. J., and Bennett, J.E. 1992. *Aspergillois.* In: Medical Mycology. Lea & Febiger. Philadelphia. 201-247 p.
- Lacey, J. 1989. **Pre- and post-harvest ecology of fungi causing spoilage of foods and other stored products.** Journal of Applied Bacteriology Symposium (Suppl.): 11S-25S.
- Leslie, J. F., and Summerell, B. A. 2006. **The *Fusarium* Laboratory Manual.** Blackwell Publishing. Iowa, USA. 388 pp.
- López-Martínez, R., Garrido-Ramírez, E. R., Camas-Gómez, R. Hernández-Gómez, E., Ferrera-Ruiz, R., Daniel-Santos, N. y Constantino-Meza, M. 2008. **Patogenicidad y producción de fumonisinas por aislamientos**

- de *Fusarium* obtenidos de maíz en el Estado de Chiapas, México.** En: Memorias del X Congreso Internacional (XXXV Nacional) de la Sociedad Mexicana de Fitopatología. Monterrey, México. C-39.
- Martínez- Flores, R., García-Aguirre, G. y Melgarejo-Hernández, J. 2005. **Inspecciones para determinar las aflatoxinas en maíz en México: III Sinaloa.** En: Memorias del VII Congreso Internacional (XXXII Nacional) de la Sociedad Mexicana de Fitopatología. Chihuahua, México. L-15.
- Mitakakis, T. Z. 2000. **Prevalence and distribution of *Alternaria* allergens in rural New South Wales, Australia.** Thesis of Doctor of Philosophy. Faculty of Science, University of Sydney. 157 pp.
- Morales-Rodríguez, I. 2007. **Especies de *Fusarium* asociadas a la pudrición de la mazorca del maíz en México.** Tesis de Doctor en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. de México. 89 pp.
- Munkvold, G. P. and A. E. Desjardins. 1997. **Fumonisin in maize: Can we reduce their occurrence?.** Plant disease 81:556-565
- Munkvold, G. P., D. C. McGee, and W. M. Carlton 1997. **Importance of different pathways for maize kernel infection by *Fusarium moniliforme*.** Plant Disease 87:209-217.
- Muñoz-Martínez, M., Moreno-Lara, J., Sánchez-Hernández, G., Quezada-Viay, M.Y., Moreno-Martínez, E., y Pérez-Reyes, M. C. J. 2005. **Determinación de deoxinivalenol (DON) en grano de cebada maltera de Valles Altos y El Bajío en México.** En: Memorias del XXXII Congreso Internacional (VII Nacional) de Fitopatología. Chihuahua, México. L-24.
- Qiao, Z., Shengli, Y., Ziming, D., Liucheng, P., Lanping, D., Aiyun, S., Ya'ou, G., Guiting, L., and Lexun, X. 2007. **Determination of grain contaminated by *Alternaria alternata* and exposure of its toxins for residents in the high incident area of esophageal cancer.** Life Science Journal 4:25-28.
- Quintero-Benítez, J.A. y Apodaca-Sánchez, M. A. 2008. **Las pudriciones de tallos en el maíz y su manejo en Sinaloa.** In: Jornada de Manejo Sustentable del Cultivo de Maíz. Fundación Produce Sinaloa, Culiacán Sinaloa, México. 67-70 p.
- Ramírez, G. M. 1984. **Almacenamiento y conservación de granos y semillas.** 10ª edición. Ed. CECSA. México, D. F. 300 pp.
- Robledo, M. de L., Marín, S. y Ramos, A. J. 2001. **Contaminación natural con micotoxinas en maíz forrajero y granos de café verde en el Estado de Nayarit (México).** Rev. Iberoam. Micol. 18:141-144 141
- Romero, C. S. 1988. **Hongos fitopatógenos.** Universidad Autónoma de

- Chapingo. Chapingo, Edo. de México. 347 pp.
- Rosiles-Martínez, R., García-Torres, M., and Ross, P. F. 1996. **Physicochemical confirmatory analysis of fumonisin B₁ in feed for equines which had died due to leukoencephalomalacia.** *Veterinaria* 27:111-113.
- Rotem, J. 1994. **The genus *Alternaria*: biology, epidemiology and pathogenicity.** APS Press. St. Paul Minnesota. 326 pp.
- Sommers, N. E., Fortlage, R. J. and Edwards, D. C. 1992. **Postharvest diseases of selected commodities.** *In*: Kader, A. A. (ed.). *Postharvest technology of horticultural crops.* University of California. 117-160 p.
- Stack, J. 2000. **Grain molds and mycotoxins in corn.** Technical publication G1408. Nebraska University of Nebraska-Lincoln. <http://digitalcommns.unl.edu/extensionhist/89>
- White, G. D. 2004. **Plagas y enfermedades del maíz.** APS-Mundi Prensa. México. 78 p.

Miguel Ángel Apodaca Sánchez

Doctorado en ciencias (Fitopatología) por el Instituto de Fitosanidad, Colegio de Postgraduados (CP). Maestro en Ciencias, Centro de Fitopatología, CP. Ingeniero Agrónomo en Parasitología, Escuela Superior de Agricultura (ESA), Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS). Profesor-Investigador de tiempo completo en la ESA y ESA-Valle del Fuerte, UAS; y del Centro de Investigación Interdisciplinaria para el Desarrollo Integral Regional Unidad Sinaloa, Instituto Politécnico Nacional. Investigador Titular del Campo Experimental Valle del Fuerte, INIFAP. **Miembro del Sistema Nacional de Investigadores (SNI), CONACyT, México.**

Cuerpo Académico



**Escuela Superior de Agricultura
del Valle del Fuerte**

Eusebio Nava Pérez

Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Facultad de Ciencias Químico-Biológicas de la Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS). Ingeniero Bioquímico en el Instituto Tecnológico de los Mochis. Profesor Investigador del departamento Agropecuario CIIDIR (COFAA) IPN Unidad Sinaloa.

Adolfo Dagoberto Armenta Bojórquez

Doctorado y Maestría en Edafología en el Colegio de Postgraduados, Montecillos, México. Profesor Investigador del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional del Instituto Politécnico Nacional CIIDIR (COFAA) IPN Unidad Sinaloa.

Cuerpo Académico



Área de Bioinsecticidas
Departamento Agropecuario
CIIDIR IPN Unidad Sinaloa

PRINCIPALES PLAGAS DE GRANOS ALMACENADOS

Cipriano García Gutiérrez,
Nestor Bautista Martínez
María Berenice González Maldonado

INTRODUCCIÓN

El mayor problema de almacenaje de granos, son los daños causados por roedores, insectos, hongos y bacterias, que deterioran y destruyen los alimentos. Este problema es importante desde el punto de vista alimentario, ya que en la agricultura de subsistencia el maíz almacenado es una fuente importante de carbohidratos y proteínas para la gente de escasos recursos en el mundo (Larraín, 1994). Las pérdidas por ataques de insectos en granos almacenados son cuantiosas a nivel mundial (10%), esto se agrava en países tropicales, en donde la temperatura favorece el desarrollo de los insectos. Los efectos principales del ataque de los insectos en granos almacenados son: pérdida de peso (encubierta a veces por los cambios del contenido de humedad), disminución del poder germinativo (por el daño al embrión) y los cambios resultantes de un calentamiento espontáneo debido a la actividad de los insectos, lo que puede llevar a un ataque por hongos, además de producirse pérdidas en valor nutritivo, sabor y olor.

Uno de los principales problemas a nivel mundial, en cuanto a almacenamiento de granos, es que los medios disponibles son simples depósitos que no impiden el ataque de las plagas, ni crean un medio inconveniente para éstas. En la mayoría de los casos, el uso de insecticidas es el único método de control, cuando no se adoptan adecuadas medidas de prevención. El estudio de los insectos que atacan granos (gorgojos, palomillas de los graneros, palomillas de las harinas, coleópteros barrenadores y taladros), así como de las plagas exóticas (gorgojo *khapra*) es importante en la alimentación debido a la necesidad de controlarlos para conservar la calidad de los granos almacenados, la sanidad de los alimentos, así como el de mantener nuestros productos libre de estos insectos.

Por lo anterior, es importante conocer la biología, ecología y tipo de daños de las principales plagas en granos almacenados, para tomar medidas de Manejo Integrado de Plagas, por lo que el objetivo del presente trabajo es: Proporcionar una guía para el reconocimiento e identificación de las principales plagas de granos almacenados e información sobre biología y tipo de daños ocasionados, que permita al agricultor tomar medidas de Control dentro del Manejo Integrado de Plagas en los graneros.

Importancia general

Aproximadamente 250 especies de insectos atacan los granos y sus productos durante el almacenamiento y de ellos, alrededor de 20, son los de mayor importancia. Con base al daño que ocasionan los insectos se han agrupado en especies primarias, las cuales son capaces de dañar granos enteros y tienen gran importancia económica. Las especies secundarias, son aquellas que atacan granos partidos o que previamente han sido dañados por las primarias y se multiplican con facilidad en los productos obtenidos de la molienda de granos; las especies terciarias se multiplican en granos y productos que presentan características de deterioro ya sea causada por otros insectos o por microorganismos. Esta agrupación es arbitraria, pues algunas especies pueden ser secundarias para granos enteros y sanos, porque biológicamente no están capacitadas para dañarlos y necesitan que otros insectos inicien el daño, pero pueden ser primarios para los productos de la molienda.

Otro aspecto importante está relacionado con los huéspedes que atacan; hay especies que son polípagas y se alimentan y multiplican en una gran variedad de hospederos, otras son específicas y sólo pueden reproducirse en un determinado grano o producto. Algunos insectos son específicos en cuanto a los requerimientos de humedad y temperatura; otros no sobreviven en granos secos, y otros lo hacen solamente si las temperaturas son relativamente altas. También es importante conocer la forma de desplazamiento; existen especies que tienen capacidad de vuelo, otras solo caminan y hay algunas que son sedentarias. Los insectos desarrollan hábitos propios. Cada generación responde al medio de manera similar a sus ancestros, la ovoposición, alimentación, migración y respuesta al medio, generalmente siguen un patrón determinado. Sin embargo, no todos los insectos de una sola especie son iguales. La influencia del medio puede inducir cambios para su mejor adaptación y sobrevivencia, por ello aunque las especies

de insectos que atacan los productos almacenados tienen varias características en común, otras son completamente diferentes. Para prevenir y controlar la presencia de insectos que están dañando un producto durante su almacenamiento es indispensable identificarlos, así como conocer las condiciones ecológicas para su reproducción.

Status de plagas en almacén

Los insectos encuentran condiciones propicias para alimentarse y multiplicarse en las bodegas y lugares de almacenamiento, si la humedad y temperatura son favorables tienen a su disposición gran cantidad de alimento que asegura su multiplicación y sobrevivencia. Su actividad metabólica aumenta la humedad y temperatura del medio en que se desarrollan creando las condiciones para que otras especies de insectos de granos almacenados se multipliquen; el fenómeno aumenta hasta que la humedad es propicia para la proliferación de hongos que elevan aún más la temperatura, haciéndola intolerable para los insectos que emigran hacia otras fuentes de alimento. El grano queda destruido, disminuyendo la disponibilidad de alimentos y causando graves pérdidas. Algunas especies son capaces de sobrevivir por largos períodos de tiempo en estado de reposo, cuando no disponen de suficiente alimento, o las condiciones del medio le son desfavorables; cuando las condiciones mejoran o con el advenimiento de nuevas cosechas, dejan su estado de reposo para multiplicarse activamente.

Plagas de granos almacenados

Plagas comunes

Gorgojos

Los principales insectos que atacan los granos de maíz y otros cereales, son el género *Sitophilus*, con varias especies, por ser altamente destructivo y por encontrarse ampliamente distribuido por el mundo y el género *Sitotroga* (Ortega *et al.* 2001, Villacís *et al.* 1972). El daño que ocasionan estos insectos es más grave en los trópicos secos y húmedos, donde las condiciones ambientales favorecen su reproducción, que en pocas semanas causa daños del orden de 25% en la calidad del grano o de la semilla (Lagunes y Domínguez, 1985). La infestación principal por gorgojos inicia cuando el grano se encuentra en la etapa de estado lechoso (Ramayo, 1983). En las regiones tropicales los gorgojos causan pérdidas

considerables, debido a que la cosecha permanece en el campo, por la dificultad para su secado, hasta que presenta entre 12 a 14% de humedad, representando mucho tiempo de exposición al insecto, donde recibe la infestación que luego se incrementa rápidamente bajo condiciones de almacenamiento.

Barrenadores

El barrenador *Prostephanus truncatus* en apariencia es similar a *Rizopertha dominica* y *Dinoderus minutus* pero se diferencia porque la forma de su protórax es menos redondeado, ligeramente más triangular, con las crestas o protuberancias más puntiagudas que las de *R. dominica*. El protórax de *D. minutus* presenta 2 ligeras depresiones de forma ovalada en el extremo cercano a los élitros. Otra característica de diferenciación la constituye la parte posterior de los élitros los cuales vistos lateralmente, son más aplanados en *D. minutus*, un poco menos en *P. truncatus*, mientras que los de *R. dominica* son más bien redondeados. Los élitros de *P. truncatus* presentan una protuberancia en forma de costilla casi al final de los élitros.

Plagas exóticas

Gorgojo *Khapra*

Originario de India, Ceilán y Malasia; no se ha establecido en América; los daños que causa al grano son de 6 a 30%, y la pérdida de grano es de 30 a 75%. Es una plaga de casi todos los granos almacenados y ha sido también detectada en ciertos productos de origen animal.

En los Cuadros 1, 2, 3, 4 y 5, aparece información sobre el nombre común y científico de las principales especies de plagas de granos almacenados, su descripción, biología y daños.

Cuadro 1. Descripción, biología y tipo de daños de gorgojos comunes y exóticos en granos almacenados.

NOMBRE COMÚN Y CIENTÍFICO GORGOMO DEL MAÍZ <i>Sitophilus zeamais</i> (Moirchulsky)	DESCRIPCIÓN	BIOLOGÍA	DAÑOS
GORGOMO DEL TRIGO <i>Sitophilus granarius</i> (L.)	<p>Tamaño. Longitud (3 a 4 mm)</p> <p>Color. Café oscuro, casi negro</p> <p>Sin manchas más claras en los élitros</p> <p>Aparato bucal. Masticador en el extremo de la probóscide</p> <p>Cabeza. Provisita de una trompa larga</p> <p>Protórax. Con depresiones ovaladas</p> <p>Élitros. Soldados</p> <p>No puede volar.</p>	<p>Huevo. De 50 a 250</p> <p>Hembras. Hacen perforaciones en los granos, donde depositan los huevecillos</p> <p>Incubación. De 4 a 14 días</p> <p>Ciclo biológico. 4 y 6 semanas</p> <p>Longevidad. 7 a 8 meses.</p>	<p>Daños. Se encuentra en trigo, centeno, maíz, cebada, arroz, mijo, y avena</p> <p>Come harina, trigo triturado y fideos</p> <p>Fuertes infestaciones. El cereal se calienta y humedece, formando mohos</p> <p>Favorece el ataque de otros insectos plagas de granos almacenados</p> <p>Mastican el grano y realizan la puesta</p> <p>Larvas y pupas. Viven en el interior del grano</p> <p>Consumen el 56% del grano donde se desarrolla.</p>
GORGOMO DEL ARROZ <i>Sitophilus oryzae</i> (L.)	<p>Tamaño. Longitud (2,5 a 3,5 mm)</p> <p>Color. Café a negro</p> <p>Similar al gorgojo del trigo</p> <p>Cabeza. Proyectada en forma de trompa</p> <p>Antenas acodadas en forma de masa.</p> <p>Protórax. Cubierto de depresiones circulares</p> <p>Élitros. Con cuatro manchas de color amarillento</p> <p>Aparato bucal. Masticador en el extremo de la probóscide</p> <p>Huevo. De 50 a 250</p> <p>Huevecillos. Blancos y ovalados (Tinoco <i>et al.</i>, 2002)</p> <p>Tiene alas y vuela con gran facilidad.</p>	<p>Huevo. De 300 a 400</p> <p>Larva. Carente de patas, se alimenta, pasa a pupa y a adulto, dentro del grano (Tinoco <i>et al.</i>, 2002)</p> <p>Pupa. Se torna café</p> <p>Hembras. Horadan el grano y depositan un huevecillo que es cubierto con una secreción, emerge por él</p> <p>Adulto. Corta un hoyo circular en el cascarón, humedad relativa)</p> <p>Ciclo biológico. 4 a 6 semanas (30°C y 70% de humedad relativa)</p> <p>Oviposición. Máxima capacidad después de 3 semanas de haber emergido</p> <p>Longevidad. 6 a 8 meses</p> <p>Temperatura. Debajo de 17°C la actividad se interrumpe.</p>	<p>Daños. Ataca arroz, trigo, sorgo y maíz, semillas antes de ser cosechadas (Mazzuferi, 2000)</p> <p>Fuertes infestaciones. Baja el peso del grano, se forma polvo fino</p> <p>Consumen el 26% del grano donde se desarrolla</p> <p>Larvas. Se desarrollan dentro de los granos</p> <p>Producen mal olor y mala presentación del grano</p> <p>Adultos. Ovipositan sobre los granos almacenados.</p>

Cuadro 1. Continuación...

NOMBRE COMÚN Y CIENTÍFICO	DESCRIPCIÓN	BIOLOGÍA	DAÑOS
<p>GORGÓJO DEL FRIJOL <i>Acanthoscelides obiectus</i> (Say)</p>	<p>Tamaño. Longitud (3 a 5 mm) anchura (2 a 3 mm), grosor (3 a 5 mm) Color. Café ferruginoso Cuerpo ovalado, más largo que ancho Pigüdio, patas y antenas café rojizo Cabeza. Robusta, hypognata, alargada e inclinada hacia la parte anterior y colocada oblicuamente con respecto al protórax Élitros. Doblados, integumento con apariencia a que tuviera celdas rectangulares Escerítos. Impresiones punctiformes profundas y aserradas Integumento cubierto de setas doradas, cortas y caídas hacia atrás Antenas. Insertadas en las mejillas, detrás de las mandíbulas, largas y con segmentos pubescentes, se agrandan en su parte distal Patas. Cortas, robustas y con extremos café rojizo y cubiertas de setas (López, 2007) Huevecillos. Blancos, translúcidos, pequeños y en forma de arroz.</p>	<p>Huevecillos. Hasta 63 huevos (López, 2007). Larvas. Penetran en el grano y se desarrolla en el interior del mismo Larva madura. Hace ventanas circulares en la testa (5 días) Adulto. Empuja la ventana y emerge Se desarrolla en lugares templados, altitud superior a 1,500 msnm. Longevidad. Larvas-pupas: 23 días, Adulto: Vive 23 días.</p>	<p>Daños. Rebasan el 20% (Ramírez-Serrano, 2003) Hembras. Ovipositan sobre las vainas en madurez, disemina huevos entre las semillas Granos perforados. No presentan posturas adheridas a la testa.</p>
<p>GORGÓJO PINTO O MEXICANO <i>Zabrotes subfasciatus</i> (Boheman)</p>	<p>Tamaño. Longitud (0.25 cm) Hembras pequeñas Color. Café oscuro Cuatro manchas de color crema en los élitros Macho más pequeño Tonos gris a café Protórax. Cubre la cabeza del insecto como si fuera una capucha (García-Lara, 2007) Segmentos del tórax. Más anchos que los del abdomen. Élitros. No cubren totalmente el abdomen. Segmentos antenales. Delgados y cubiertos de setas, con excepción de los 3 últimos que son más grandes, el último segmento aprox., igual de largo que ancho. Larva. Pálida, tiene pocas setas Huevecillos. Blancos y traslúcidos.</p>	<p>Huevecillos. Hasta 36 Hembras. Adhieren firmemente los huevecillos a la testa del grano Adulto. Corta y empuja el tejido al salir de la semilla. No se alimenta de granos almacenados. Ciclo biológico. 24-25 días (32.5°C, 70% HR). Se desarrolla en zonas cálidas menores a 1500 msnm. Pasa por 4 instares larvales (Rodríguez-Quiroz, 2000). Longevidad. Vida corta: 10-12 días.</p>	<p>Hembra. Deposita sus huevos en las vainas maduras en campo, las larvas penetran en el grano para alimentarse y continuar su desarrollo. En la cosecha, son transportados al almacén, sus progenies infestan granos sanos (López-Pérez, 2007) Se estiman pérdidas del 20-35% (Ramírez-Serrano, 2003). Larva. Se alimenta internamente del grano, perjudicando la viabilidad de la semilla y propiciando la entrada de patógenos y oxidación de lípidos, le da un olor característico al grano (Rodríguez-Hernández, 2001). No ataca el cultivo en el campo.</p>

Cuadro 1. Continuación...

NOMBRE COMÚN Y CIENTÍFICO	DESCRIPCIÓN	BIOLOGÍA	DAÑOS
<p>GORGONO KHAPRA</p> <p><i>Trogoderma granarium</i> (Everts)</p>	<p>Tamaño. Longitud (2-3 mm)</p> <p>Élitros. Sin manchas.</p> <p>Hembras. Con una maza antenal de tres segmentos.</p> <p>Antenas. Más cortas que la cabeza, con un ocelo medio; maza antenal con cinco segmentos o menos en los machos.</p> <p>Huevecillos. Cilíndricos de 0.7 mm de largo y 0.25 mm de ancho.</p> <p>Larva. Del primer estadio de 1.6 a 1.8 mm de largo, un poco más de la mitad consiste de una cola larga formada de setas. El ancho es de 0.25 a 0.3 mm</p> <p>Pupa. 3.4 mm el macho y de 5 mm la hembra (COSAVE 1998, Smith <i>et al.</i> 1997).</p> <p>Adulto. Cuerpo oblongo y de color pardo, cubierto de setas finas, aspecto aterciopelado.</p>	<p>Huevecillos. De 50 a 90, eclosionan a los 3-14 días.</p> <p>Larvas. Son resistentes al frío y pueden sobrevivir a temperaturas debajo de los -8°C (Smith <i>et al.</i> 1997, CABI, 2000, COSAVE, 1998).</p> <p>Ciclo biológico. 220 días a 21 °C, 39-45 días, a 30 °C y 75% de H.R. y 26 días a 35°C (óptimo). Abajo de 24°C, condiciones de densidad de población alta y carencia de alimentos, las larvas pueden entrar en diapausa, le puede tomar varios años completar el desarrollo y las larvas pueden sobrevivir sin alimentarse hasta por un período de tres años</p> <p>Longevidad. Hembras apareadas: viven de 4 a 7 días y las no apareadas de 20 a 30, los machos viven de 7 a 12 días, no vuelan y prácticamente no se alimentan.</p> <p>Apareamiento. 5 días de haber emergido.</p> <p>Generaciones al año. De 1 a 5 generaciones por año (Berg, 1994).</p>	<p>Daños. Ataca trigo, cebada, avena, centeno, maíz, arroz, etc. y productos de desechos de cereales: harinas, malta, pastas, etc.,</p> <p>Larva. Empieza a alimentarse en el grano en algún lugar débil del pericarpio cuando está en el 4º estadio larvario o más madura. Los primeros estadios son incapaces de alimentarse de granos enteros ya que no pueden penetrar el pericarpio, alimentándose de deshechos o granos dañados (pueden atacar alimentos más blandos como las nueces) (Berg, 1994, CABI, 2000, COSAVE, 1998, Smith <i>et al.</i> 1997).</p> <p>NOTA: De ingresar al país podría causar pérdidas en granos almacenados, como arroz, frijol, maíz entre otros. Además su presencia traería restricciones en las exportaciones.</p> <p>Se realiza monitoreo permanente en sitios de almacenamiento de granos, para la detección oportuna de la plaga y para demostrar la no presencia de la misma.</p>

Cuadro 2. Descripción, biología y tipo de daños de especies de barrenadores comunes en granos almacenados.

NOMBRE COMÚN Y CIENTÍFICO	DESCRIPCIÓN	BIOLOGÍA	DAÑOS
<p>BARRENADOR GRANDE DEL GRANO <i>Prostephanus truncatus</i> Horn</p>	<p>Tamaño. Longitud (3 a 4 mm) Forma cilíndrica y alargada, terminación en cuadrado Color. Café rojizo a café oscuro, con fino punteado Protórax. Cubre la cabeza del insecto como si fuera una capucha (García-Lara, 2007) Segmentos del tórax. Más anchos que los del abdomen Segmentos antenales. Delgados y cubiertos de setas, con excepción de los 3 últimos que son más grandes, el último segmento aprox., igual de largo que ancho Larva. Pálida, tiene pocas setas.</p>	<p>Huevoecillos. Hasta 400 Tasa de incremento de la población. 40 veces/mes Larvas. Se alimentan y desovan en el grano o en el polvillo que producen Se transforma en pupa dentro de los granos; los adultos hacen un orificio en la cubierta para salir Desarrollo. T = 22-35° C y Humedad relativa: 50-80% Ciclo biológico. 27 días, se alarga a 78 días (22° C y 50% de H.R.) Pueden sobrevivir en granos de maíz con 9% de humedad Longevidad. Hasta 34 semanas (García-Lara, 2007).</p>	<p>Daños. Infestan el grano almacenado, las mazorcas maduras, en campo o durante el secado del maíz, Pueden atravesar la cubierta de la mazorca y taladrar el olote, Adultos. Producen gran cantidad de polvillo parecido a la harina al taladrar y alimentarse de los granos. Pérdidas. Hasta 40% en maíces almacenados durante seis meses, Fuertes infestaciones. Los adultos pueden llegar a dañar las estructuras de madera o los contenedores de plástico, Es considerada como la plaga que más pérdidas y daños causa (García-Lara, 2007).</p>
<p>PEQUEÑO BARRENADOR DE LOS GRANOS <i>Rhizopertha dominica</i> F. (Bost.)</p>	<p>Tamaño. Longitud (2,5 a 3 mm) Forma cilíndrica, alargado, parte posterior redondeada y ligeramente truncada Color. Castaño a café oscuro Protórax. Retráctil dentro del protórax debido a la existencia de pequeñas protuberancias, tuberculado y las distintivas hileras de puntuaciones que se ven sobre las cubiertas alares constituyen dos rasgos importantes para su identificación, Segmentos antenales. 10 segmentos, terminan en grandes clavos formados por tres unidades. Tres últimos segmentos marcadamente más grandes que los demás, triangulares y aplanados Larvas. Cuerpo blanco, en forma de C, cubierto de setas cortas y cabeza marrón, dorsalmente solo se pueden ver las poderosas mandíbulas, semejantes a gusanos blancos, Pupas. Desnudas, al principio blancas y luego oscuras Capaz de volar.</p>	<p>Huevoecillos. 300 a 400, blancos en la superficie de los granos o entre ellos, en el polvillo acumulado de los restos, de a uno o en grupos que van de 2 a 30 Larvas. Tienen patas, se abren camino hacia el interior de los granos de los cuales se alimentan y generalmente pasan la fase de pupa dentro de los granos Ciclo biológico. 4 a 10 semanas Longevidad. 4 a 6 meses.</p>	<p>Daños. Trigo, centeno, maíz, arroz, mijo, lentejas, garbanzos. El trigo muy infestado tiene olor semejante a la miel Larvas-adultos. Perforan las semillas sanas, reduciendo los granos a cáscaras vacías y polvillo Pupa. Se forma por lo general dentro del grano vaciado, pero también se las puede ver entre el polvillo que se acumula junto a los alimentos infestados.</p>

Cuadro 3. Descripción, biología y tipo de daños de taladrillos comunes en granos almacenados.

NOMBRE COMÚN Y CIENTÍFICO	DESCRIPCIÓN	BIOLOGÍA	DAÑOS
<p>TRIBOLIO DE LA HARINA <i>Tribolium confusum</i> (J. Du Val)</p>	<p>Tamaño. Longitud (3 a 4 mm) delgado Color. Rojizo hasta marrón negruzco Segmentos antenales. Se ensanchan bruscamente Larvas. Delgadas, móviles y blancuzcas hasta amarillo marrón, 5 a 6 mm Pupa. Blanca, gradualmente cambia a amarillo, después a café.</p>	<p>Huevecillos. Hasta 450, entre la harina o residuos de los granos, están cubiertos con una secreción pegajosa que permite que se adhieran a la superficie y facilita la infestación, incuban entre 5 y 12 días Ciclo biológico. 6 a 8 semanas Longevidad. 12 a 18 meses.</p>	<p>Daños. La harina infestada tiene olor fuerte y se torna marrón y disminuye la capacidad de horneo Es agente de la enfermedad asmática en panaderos (proteínas presentes) rinitis, conjuntivitis y dermatitis (Pajaron-Fernández, 2004) Adultos y larvas. Se alimentan de sustancias vegetales secas, derivados de cereales, cacahuete, cacao, leguminosas, especias, fruta seca, residuos de la extracción de aceite.</p>
<p>ESCARABAJO CASTAÑO <i>Tribolium castaneum</i> (Herbst)</p>	<p>Tamaño. Longitud (3 a 4 mm), delgado Color. Rojizo castaño a marrón negruzco Segmentos antenales. Tres últimos, más anchos y mejor definidos que los anteriores Larvas. Alargadas Color. Blanco cremoso hasta tomarse amarillo marrón, de 5 a 6 mm de longitud (García-Lara, et al. 2007) Adulto. Puede volar.</p>	<p>Huevos. Son depositados de manera aislada en los granos, de 350 a 400 durante más de un año Larva. Se transforma en pupa dentro del producto infestado Ciclo biológico. 7 semanas a 3 meses Longevidad. Más de tres años (García-Lara, et al. 2007).</p>	<p>Adultos y larvas. Se alimentan ya sea de granos o harinas almacenados, o de vegetales secos en molinos y silos Fuertes infestaciones. Los productos que son infestados despiden un olor fuerte y se tñen de color marrón, lo cual hace que sean poco aprovechables (García-Lara, et al. 2007).</p>

Cuadro 4. Descripción, biología y tipo de daños de carcomas comunes en granos almacenados.

NOMBRE COMÚN Y CIENTÍFICO	DESCRIPCIÓN	BIOLOGÍA	DAÑOS
<p>CARCOMA DENTADA DE LOS GRANOS</p> <p><i>Oryzaephilus surinamensis</i> (L)</p>	<p>Tamaño. Longitud (2,5 a 3,5 mm)</p> <p>Adulto. Delgado y achatado</p> <p>Color. Rojo oscuro</p> <p>Pronoto. Con dos depresiones longitudinales separadas por una cresta central</p> <p>Protórax. Ambos márgenes laterales con seis proyecciones a modo de dientes de sierra</p> <p>Larvas. Delgadas, blancas, amarillentas, adelgazándose hacia su extremo abdominal. Se mueven libremente, de 3,5 a 4 mm</p> <p>Pupa. Protegida por una cubierta de trozos de materia alimenticia unida entre sí.</p>	<p>Huevoecillos. 45 a 285, aislados sobre los productos almacenados.</p>	<p>Daños. Puede penetrar por diminutas hendidas y grietas de los paquetes comestibles. Ataca almacenes, silos, molinos y depósitos de alimentos. Se encuentra en cereales y sus derivados, harinas, avena, malta y otros productos vegetales, alimentos balanceados y fruta seca. En depósitos de cereales aparecen como plaga de infestación secundaria.</p>
<p>CARCOMA GRANDE DE LOS GRANOS</p> <p><i>Tenebrioidea mauritanicus</i> (L)</p>	<p>Tamaño. Longitud (6 a 11 mm)</p> <p>Color. Gris-café oscuro a negro brillante</p> <p>Adulto. Cabeza alargada, más estrecha que el pronótora y con ojos transversales</p> <p>Antenas. Con clavos de 4 artículos</p> <p>Mandíbulas. Prominentes</p> <p>Protórax. Más ancho que largo, separados de los élitros con un estrangulamiento en la cintura. Angulos anteriores, avanzado a los lados de la cabeza. Superficie finamente punteada</p> <p>Élitros. Cubren todo el abdomen y son estriados y con dos filas de puntuaciones</p> <p>Larva. Alargada con la parte terminal del abdomen constituido por dos puntas, blanca, la cabeza y el extremo del abdomen son negros, de 15 mm, es la larva más grande que ataca granos almacenados.</p>	<p>Huevoecillos. Hasta 1000, agrupados sobre los productos alimenticios</p> <p>Larvas. Completan su desarrollo entre 4 y 14 meses</p> <p>Larvas y Adultos. Pueden vivir por largo tiempo sin alimento</p> <p>Adulto. Muy ágil.</p> <p>Longevidad. Pueden vivir de 1 a 2 años.</p>	<p>Daños. Ataca cereales.</p>
<p>CARCOMA DEL PAN</p> <p><i>Stegobium paniceum</i> (L)</p>	<p>Tamaño. Longitud (2,5 mm)</p> <p>Color. Marrón rojizo</p> <p>Cabeza. Doblada hacia abajo</p> <p>Élitros. Escriados (débiles líneas longitudinales)</p> <p>Segmentos antenales. Tienen tres segmentos ampliados en la punta</p> <p>Larvas. En forma de C. Blancas cremosas, con la cabeza y piernas marrón</p>	<p>Huevoecillos. De 30 a 100, blanquecinos, en los productos alimenticios, eclosionan en 7-20 días</p> <p>Larvas. Alcanzan la madurez en 30 a 50 días</p> <p>Pupa. Cubierta de seda con pedazos de material de donde se alimentan, período-8 a 10 días</p> <p>Adultos. Pueden volar</p> <p>Ciclo biológico. 2 a 4 semanas</p> <p>Generaciones. 4 generaciones al año.</p>	<p>Daños. Se alimentan de drogas, almendras, cacahuete, harina de alfalfa, harina de maíz, harina, trigo, salvado de trigo, germen de trigo, pan, frijoles, granos de café, harina de pescado, espaguetis, fideos, chocolate instantáneo, leche en polvo, libros y manuscritos, flores secas, y algunos rellenos y cubiertas de tela de muebles.</p>

Cuadro 5. Descripción, biología y tipo de daños de palomillas comunes en granos almacenados.

NOMBRE COMÚN Y CIENTÍFICO	DESCRIPCIÓN	BIOLOGÍA	DAÑOS
<p>PALOMILLA DE GRANOS <i>Sitotroga cerealella</i> (Olivier)</p>	<p>Tamaño. Longitud (6 a 9 mm), expansión alar (13-19 mm), cuerpo frágil Color. Amarillo a grisáceo Cabeza. Clara con las puntas de los palpos un poco oscuros o café oscuros Alas. Alas anteriores -color amarillento con puntos pequeños e irregulares, sedosas y brillantes, estrechas, largas, terminadas en punta; alas posteriores-más pequeñas y de color uniforme, son sedosas y brillantes con ápex puntiagudo, el margen anterior está cubierto con escamas oscuras. Ambos pares de alas tienen flecos de pelo en el margen distal (García-Lara, <i>et al.</i> 2007) Palpos. Los labiales son curvos. Larvas. Reciben nacidas-diminitas y blancuzcas. Pupa. Rojiza</p>	<p>Huevecillos. Promedio 150, parecidos a escamas, cambian de blanco a rojo al acercarse la emergencia de la larva, eclotando de 4 a 10 días después Larvas. Horadan los granos y completan su desarrollo en el interior; hasta la emergencia del adulto (García-Lara, <i>et al.</i> 2007), penetra al interior de los granos a través de una perforación, donde permanece en sus fases de larva y pupa. 3 mudas Ciclo biológico. 5 semanas Adulto. Vida corta No se alimenta de productos almacenados.</p>	<p>Daños. Semejan pequeñas ventanas de edificados (García-Lara, <i>et al.</i> 2007). Infestan los cultivos en el campo, y en almacén. Cereales, maíz y trigo Larvas. Perforan el grano y se alimentan en su interior Palomilla. Se detecta fácilmente al mover las mazorcas o el grano almacenado.</p>
<p>PALOMILLA INDIA DE LA HARINA <i>Plodia interpunctella</i> (Hübner)</p>			

Cuadro 5. Continuación...

NOMBRE COMÚN Y CIENTÍFICO	DESCRIPCIÓN	BIOLOGÍA	DAÑOS
<p>PALOMILLA LA HARINA</p> <p><i>Ephesia kuehniella</i> (Zeller)</p>	<p>Cabeza. Pequeña y globosa, sin penacho de escamas.</p> <p>Alas. Anteriores- gris plomizo con pequeñas bandas negras transversales, bandas en zig-zag. Posteriores-anchas, claras, casi blancas, con una banda de pelos de tamaño reducido</p> <p>Larva. Blanquecina o ligeramente rosada con pequeños puntos negros en el cuerpo. Posee 3 pares de patas verdaderas y 4 pares de patas falsas en los segmentos abdominales. De 12 mm de longitud-completamente desarrollada,</p> <p>Pupa. Café-rojiza</p> <p>Hábitos. Nocturnos.</p>	<p>Huevecillos. Unos 300, entre la harina e impurezas de los granos.</p> <p>Larva. Cuando se alimenta va dejando hilos de seda formando telas en donde quedan adheridos restos de alimentos y deyecciones.</p> <p>Ciclo biológico. 8 a 9 semanas,</p> <p>Longevidad. Adulto-vida corta, 14 días y no se alimenta de productos almacenados.</p>	<p>Daños. Puede ocasionar la destrucción de los productos y la contaminación con excrementos, exuvias y principalmente con sus telas. En los molinos produce gran cantidad de lanosidades que llega a obstruir los tubos y conductos de las harinas. En los almacenajes a granel puede tapizar las paredes con telas de considerable espesor. Sus telas sirven de refugio, protección y hábitat a gorgojos de la harina en el interior de la maquinaria de los molinos.</p>

Por otro lado, en las Figuras 1, 2, 3, 4 y 5, del anexo 1, se ilustran las principales especies plaga de granos almacenados, mientras que en el anexo 2 aparecen las plagas de mayor importancia del orden coleóptera y lepidóptera, así como claves taxonómicas útiles para su identificación.

CONCLUSIONES

En la agricultura moderna es fundamental el reconocimiento de las especies plagas para implementar algún método de control. En los graneros es de igual forma necesario contar con identificaciones correctas; para lograr esto se deben tomar muestras de los insectos y de los granos para determinar el tipo de daños, así mismo se debe contar con la diagnosis del insecto, es decir su descripción, hábitos y daños, así como cualquier otra información sobre sus características que nos apoye para conocer su identidad. En varios Estados productores de granos (Sinaloa, Jalisco, Edo. de México y Michoacán, entre otros) actualmente se realiza el control de plagas en graneros, trojes, silos y almacén; en estos lugares los técnicos y agricultores pueden tomar muestras de su material para un reconocimiento previo usando la información y la guía elaboradas en este trabajo, de manera previa a su envío con los especialistas para corroborar su correcta identificación. Este trabajo sirve además como medio de difusión de estos conocimientos, para que sean usados por estudiantes, profesionales y técnicos dedicados al control de insectos plagas en almacén en esquemas de desarrollo rural sustentable.

BIBLIOGRAFÍA

- Berg, G. H. 1994. *Trogoderma granarium* Everts. **Hojas de datos sobre plagas y enfermedades agrícolas de importancia cuarentenaria para los países miembros del OIRSA**. Vol. I. 1:4. OIRSA.
- CABI. 2000. **Crop Protection Compendium**. Global Module. 2nd. Edition. CAB International. UK.
- COSAVE. 1998. *Trogoderma granarium* Everts (Coleoptera: Dermestidae). **Hojas de datos sobre organismos cuarentenarios para los países miembros del COSAVE**. Ficha cuarentenaria. Comité de Sanidad Vegetal del Cono Sur.
- Cruz-Palma, J., Sánchez-Soto, S., y Córdova-Ballona, L. 2008. **Aspectos biológicos de la palomilla del cacao *Cadra cautella* (Walker)**

- (**Lepidoptera: Pyralidae**). XX Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria Tabasco. Villahermosa Tabasco. 360-367 pp.
- Metcalf, C.L. y W.P. 1965. **Flint. Insectos destructivos e insectos útiles. Sus costumbres y su control México**. Traducción Blackaller, Compañía Editorial. Continental, S. A. 1208 p.
- Lagunes, T.A y Domínguez, R.R. 1985. **Plagas del maíz**. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, Estado de México. 100 p.
- Larraín, P. 1994. **Manejo Integrado de Plagas en Granos Almacenados**. IPA La Platina. (81): 10-16.
- López-Pérez E., Rodríguez-Hernández C., Ortega-Arenas L.D. y Garza-García R. 2007. **Actividad biológica de la raíz *Senecio salignus* contra *Zabrotes subfasciatus* en frijol almacenado**. Agrocienca 41: 95-102.
- Ramayo, R. L. F. 1983. **Tecnología de granos**. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Industrias Agrícolas. Chapingo, Estado de México. 216 p.
- Ramírez-Serrano, A., Vera-Graziano J., Aguilera-Peña M., y R. Garza-García. 2003. **Preferencia, supervivencia y fecundidad de *Acanthoscelides obtectus* (Say) en cuatro genotipos de frijol resistentes a *Apion godmani* (Wagner)**. Agrocienca 37: 195-202.
- Rodríguez-Quiroz, M, J. Valdez-Carrasco, J. Vera-Graziano y A. Castillo-Morales. 2000. **Identificación de instares larvares de *Zabrotes subfasciatus* (Boh.) (Coleoptera: Bruchidae) mediante las dimensiones de sus cápsulas cefálicas**. Agrocienca 34: 83-90.
- Rodríguez-Hernández C., E. López-Pérez. 2001. **Actividad insecticida e insectistática de la chilca (*Senecio salignus*) sobre *Zabrotes subfasciatus***. Manejo Integrado de Plagas. Costa Rica. No. 59 p. 19–26.
- Ortega, C.A., Cota, A.O., Vasal, S.K., Villegas, M.E., Córdova, O.H., Barreto, S.M.A., Wong, P.J.J., Reyes, M.C.A., Preciado, O.R.E., Terrón, I.A., y Espinosa, C.A. 2001. **H-441, H-442 y H-469, Híbridos de maíz de calidad proteínica mejorada para el Noroeste y Subtrópico de México**. Folleto Técnico No. 41. INIFAP. México, 44 p.
- Pajarón-Fernández, M. J., M. D. García-García, M. P., Palacio-Gaviria, B., Bartolomé Zavala., V. Jover-Cerdá., y F. Sánchez-Gascón. 2004. **Caso clínico. Alergia ocupacional por monosensibilización a *Tribolium confusum***. Alergol Inmunol Clin. 19: 121-124
- Smith, I.M., McNamara, D.G., Scott, P.R., Holderness, M. 1997. **Data sheets on Quarantine Pest *Trogoderma granarium***. Quarantine Pests for Europe.

Second Edition. CAB International and European and Mediterranean Plant Protection Organization.

- Tinoco, C.A; Rodríguez, F.A; Sandoval, J.A; Barrón, F.S; Palafox, C.A; Esqueda, E.V; Sierra, M.M; Romero, M.J. 2002. **Manual de producción de maíz para los Estados de Veracruz y Tabasco.** Guía Técnica Núm. 20. 113 p.
- Villacís, S.J; Sosa, M.C; Ortega, C.A. 1972. **Comportamiento de *Sitotroga cerealella* Olivier (Lepid.: Gelechiidae) y de *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleop.: Curculionidae) en diez tipos de maíz con características contrastantes.** Revista Peruana de Entomología Agrícola 15(1): 153-164.

ANEXO 1.

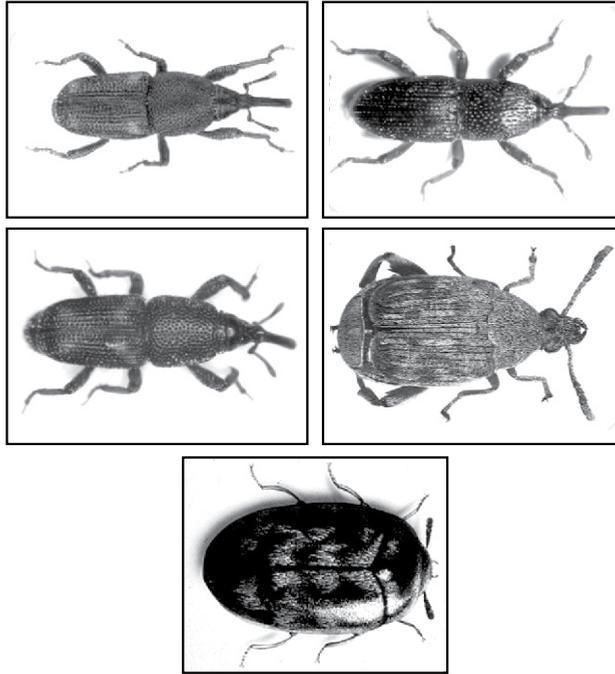


Figura 1. GORGOJOS: *S. zeamais* (I), *S. granarius* (II), *S. orizae* (III), *A. obtectus* (IV) y *T. granarium* (V).



Figura 2. BARRENADORES: *P. truncatus* (I) y *R. dominica* (II).

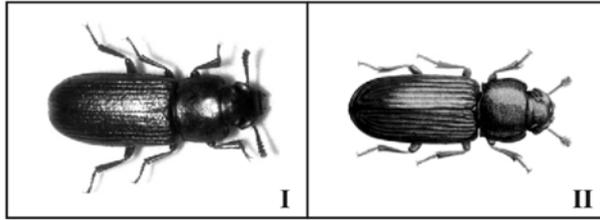


Figura 3. TALADRILLOS: *T. confusum* (I) y *T. castaneum* (II).

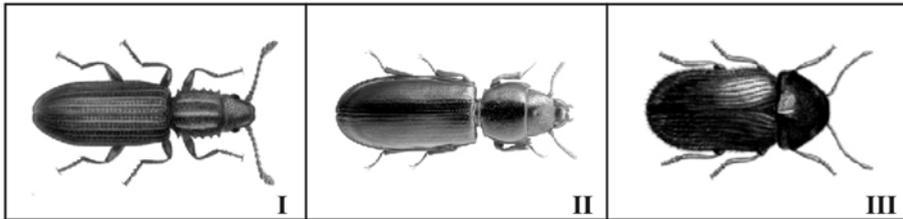


Figura 4. CARCOMAS: *O. surinamensis* (I), *T. mauritanicus* (II) y *S. paniceum* (III).

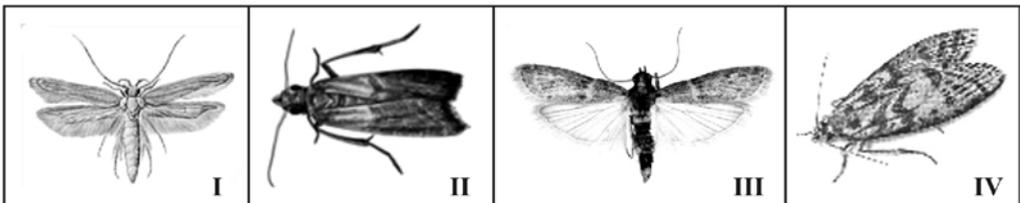


Figura 5. PALOMILLAS: *S. cerealella* (I), *P. interpunctella* (II),
C. cautella (III) y *E. kuehniella* (IV).

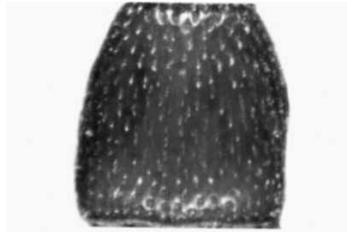
ANEXO 2.

GUÍA PARA IDENTIFICAR LOS COLEÓPTEROS MÁS COMUNES EN GRANOS Y PRODUCTOS ALMACENADOS

1. Insectos con pico largo y delgado, antenas acodadas y con un mazo. Protórax con puntos o depresiones muy marcadas en forma redonda u ovalada, pueden o no presentar cuatro manchas rojizas en los élitros..... 2

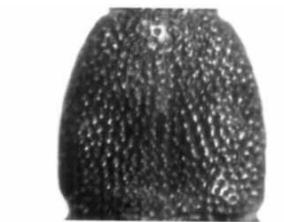
1^a. Insectos sin pico desarrollado, antenas aserradas o capitadas, pero nunca acodadas.4

2. Picudos con puntos ovales en el protórax, sin manchas rojizas en los élitros. No tiene capacidad de vuelo.....*Sitophilus granarius*



2^a. Picudos con puntos redondos en el protórax y manchas rojizas en los élitros. Con alas funcionales.....3

3. Gorgojos con una longitud de 3 mm o menos (sin incluir el pico). Protórax con puntos que delimitan una línea longitudinal media.....*Sitophilus oryzae*



3^a. Gorgojos mayores de 3mm de longitud. Protórax con puntos muy densos y sin una línea longitudinal media.....*Sitophilus zeamais*



4. Insectos con pubescencia densa, robustos, con élitros que no cubren todo el abdomen. Antenas ligeramente aserradas. Fémur del tercer par de patas agrandado y aplanado lateralmente. Atacan leguminosas preferentemente frijol.....5

4^a. Insectos con escasa pubescencia, regularmente cilíndricos, los élitros cubren todo el abdomen; antenas capitadas o clavadas, los fémures posteriores son normales.....6

5. El cuerpo se ensancha en la parte media. Los segmentos antenales VIII, IX y X son tan anchos como largos. Fémures posteriores con tres espinas.....*Acanthoscelides obtectus*

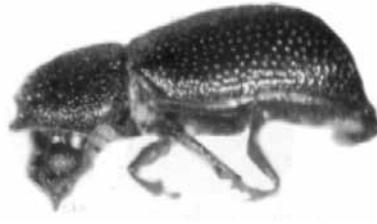


5^a. El cuerpo es mas ancho en la parte posterior. Todos los segmentos antenales más largos que anchos, fémures posteriores sin espinas. La hembra es negra con manchas blancas, el macho es color castaño.....*Zabrotes subfasciatus*



6. Cabeza no visible en posición dorsal, antenas con los últimos tres segmentos formando un mazo asimétrico. Sobre el pronoto hay protuberancias a manera de espinas; también hay un “cuello” entre el protórax y los élitros.....7

- 6^a. Cabeza visible en vista dorsal y antenas con mazo simétrico.....8



7. pronoto triangular con espinas desarrolladas en la parte anterior. El Declive elitral es muy marcado.....*Prostephanus truncatus*

- 7^a. Pronoto casi redondo y con espinas distribuidas en bandas circulares. El declive elitral no es tan marcado.....*Rhyzopertha dominica*

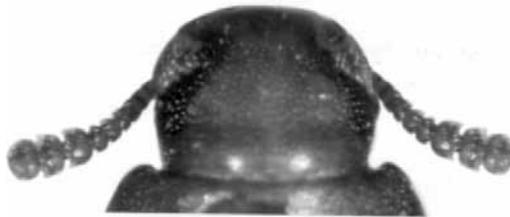


8. Pronoto más largo que ancho, con seis espinas laterales y tres surcos longitudinales o relieves en la parte dorsal. Tarsos posteriores de cinco segmentos.....*Oryzaephilus surinamensis*

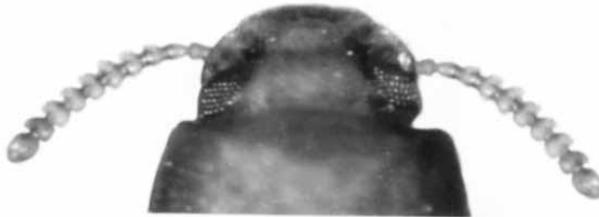


8ª. Pronoto más ancho que largo, con sus márgenes laterales afilados y depresiones pequeñas dispersas. Tarsos posteriores de cuatro segmentos.....9

9. Antenas de 11 segmentos, los tres últimos fuertemente agrandados. En vista ventral, la distancia entre los ojos es menor a 2 veces el diámetro ocular***Tribolium castaneum***



9ª. Antenas de 11 segmentos que se agrandan gradualmente desde la base al ápice. En vista ventral, la distancia entre los ojos es mayor a dos veces el diámetro ocular.....***Tribolium confusum***



Cipriano García Gutiérrez

Doctorado en Ciencias (especialidad en Ingeniería y Biotecnología) Instituto Tecnológico de Durango. Maestría en Ciencias con Especialidad en Entomología y Acarología, Colegio de Postgraduados. Biólogo de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas I.P.N. Profesor Investigador CIIDIR-IPN Unidad Sinaloa. **Miembro del Sistema Nacional de Investigadores (SNI Nivel II).**

Cuerpo Académico



Unidad Sinaloa

Laboratorio de Bioinsecticidas

Departamento Agropecuario

CIIDIR IPN Unidad Sinaloa

Néstor Bautista Martínez

Doctorado en ciencias (Especialidad en Entomología y Acarología) Colegio de postgraduados. Maestría en Entomología y Acarología. Ing. Agrónomo UACH. Profesor investigador IFIT-CP. **Miembro del Sistema Nacional de Investigadores (SNI),**

Cuerpo Académico



Instituto de Fitosanidad

Plagas de Hortalizas

Colegio de Postgraduados Montecillos, Estado de México

María Berenice González-Maldonado

Maestra en Ciencias por el Instituto Tecnológico de Durango, Especialidad en Ingeniería Bioquímica en Alimentos. Ingeniero Químico por el Instituto Tecnológico de Durango. Profesor Investigador de la Academia de Entomología del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional del Instituto Politécnico Nacional CIIDIR-IPN Unidad Durango.

Cuerpo Académico



Academia de Entomología
Control Biológico de Plagas
CIIDIR-IPN UNIDAD DURANGO

MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS EN GRANOS ALMACENADOS

José Lorenzo Meza García
Jesús Ricardo Camacho Báez
Edgardo Cortes Mondaca

INTRODUCCIÓN

Los granos ya sea para alimento o para semilla tales como maíz, frijol, trigo, sorgo, garbanzo, soya, entre otros, que pueden ser almacenados desde semanas hasta años como última etapa de la producción agrícola, para fines de comercialización o de mantenimiento de semillas. Dichos productos almacenables son también susceptibles de daños ocasionados por diversas especies de insectos plagas como contaminantes biológicos. La invasión o penetración de organismos “intrusos” a los sistemas de producción o una bodega de grano provoca interacciones que en forma directa e indirecta perjudica al producto almacenado. Los contaminantes como insectos plaga son muy variados como se explica en otros apartados de esta obra. Pueden dañar dependiendo de la especie y de las condiciones de temperatura y humedad relativa. Coleópteros tales como *Sitophilus*, *Prostephanus*, *Rhyzopertha*, *Tribolium*, *Cryptolestes* y lepidópteros como *Ephestia*, *Sitotroga*, *Plodia*, entre otros, son especies importantes que se han registrado desde tiempos inmemoriales, atacando granos y semillas almacenadas, provocando daños en peso y calidad, y en casos extremos siniestro total cuando no son manejadas adecuadamente.

Existen diferentes tipos de ataques de las plagas, por ejemplo hay insectos que son de infestación primarias, donde atacan a los granos sanos e inician una nueva generación para la búsqueda de nuevos granos. Las infestaciones secundarias, son aquellos organismos que utilizan los granos con daños ocasionados por las plagas primarias, o granos que han sufrido daño físico, esto se debe a que no pueden penetrar la protección del grano. Estos daños disminuyen la producción agrícola de granos *in situ* hasta el resguardo de los granos en almacén. En otras palabras, el problema de las plagas en el sitio de su producción se complementa con el ataque de plagas en poscosecha.

En los últimos 10 años se ha retomado el interés de buscar opciones que fortalezcan el combate a los insectos plagas que atacan a granos almacenados de manera sustentable, utilizando métodos alternos ajenos a los convencionales. Desde que se implantó la prohibición paulatina de bromuro de metilo a nivel mundial se han buscado otras opciones igualmente efectivas sin alterar el orden ecológico y sin efectos tóxicos al consumidor.

La necesidad de almacenar granos y/o semillas, demanda requerimientos y técnicas especializadas que deben implementarse. Un almacenaje seguro depende de muchos factores, entre ellos principalmente la temperatura, humedad, clase y variedad de semilla, de calidad, de daño, de microorganismos, de longitud del sistema de almacenamiento y tipo de almacenaje (Chappel y McNeill, 2000). En este sentido, hay que crear las condiciones que eliminen los problemas comunes del ataque de los granos almacenados. Las instalaciones del compartimiento y del almacenaje también desempeñan un papel importante en la determinación de la calidad del grano almacenado.

Las instalaciones del almacenaje se deben examinar regularmente para evitar su deterioro más aun si existe cercanía de otros almacenes con el mismo propósito lo cual se transforma en un problema latente de contaminación en el complejo de módulos, lo que hace posible el combate de contaminantes en su conjunto. La mayoría de las infestaciones de insectos en grano almacenado se originan en el área cercana de los módulos de almacenamiento. El saneamiento del área es importante puesto que muchos de los organismos plaga comúnmente almacenados pueden volar y moverse de un compartimiento a otro.

Existen otros organismos que penetran a los granos almacenados y se suman a otros tipos de insectos que se alimentan de hongos, lo que puede acarrear problemas en la limpieza y calidad del grano (Weinzierl y Higgins, 2008). Los ácaros pueden crear condiciones de hostigamiento o molestias para los trabajadores propios del almacén o bodega. Los roedores que consumen directamente a granos también afectan su calidad, por los perjuicios ocasionados en la construcción de sus madrigueras con fuertes olores a orines y excremento. También existen hongos que provocan serios problemas para la salud a los seres humanos y a los animales por contaminación de micotoxinas producidas por hongos tales como *Aspergillus* y *Penicillium* (Fields y White, 2002).

El manejo integrado de plagas aplicado a granos almacenados

Desde 1979, Apple *et al.*, (citado en Metcalf y Luckmann, 1990) menciona que el manejo integrado de plagas (MIP) tiene los siguientes componentes: la identificación precisa de las plagas; la definición de la unidad de manejo; el desarrollo de los métodos de control; la definición de técnicas confiables de supervisión; el establecimiento de umbrales económicos, y finalmente el diseño de modelos descriptivos y de pronóstico. Sin embargo, para fines del presente trabajo se habrá que hacer adecuaciones para aplicarlos a sistemas cerrados con un mayor respaldo en técnicas o métodos preventivos, a fin de mejorar el control de insectos plagas de granos almacenados.

Para establecer un mecanismo estratégico que ayude a conocer e implementar las diferentes herramientas que se involucran en el MIP, nos apoyaremos en la fig. 1., e iniciaremos con las bases de la imagen que representa la taxonomía correcta del insecto plaga problema en el almacenamiento de granos. Posteriormente se aprecian los aspectos bio-ecológicos de cada organismo problema, siguiendo con la detección y monitoreo para finalizar con el umbral económico. Una vez conjugado estos cuatro aspectos mencionados, tendremos elementos para determinar que acciones se tomaran para el combate de los insectos plaga. Dichas acciones denominadas como controles son los pilares del MIP representadas por el control cultural, control físico, control biológico y como última instancia al control químico.

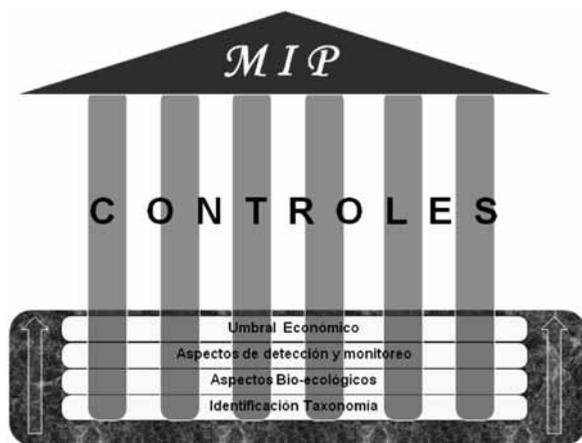


Figura 1. El Manejo Integrado de Plagas.

El manejo de granos y semillas almacenados requiere el uso de varias técnicas para asegurar la calidad del producto y que incorpore la facilidad del almacenaje y no se deteriore el producto en un corto plazo.

La identificación taxonómica

Es importante conocer la identidad taxonómica del insecto u otro organismo plaga. No puede haber un verdadero manejo de las plagas, si no conocemos la ubicación taxonómica del organismo problema. Es elemental conocer a los especialistas de la región en la identificación de insectos.

Aspectos bio-ecológicos de los insectos plaga

Como se mencionó anteriormente, la identificación del insecto plaga es crucial, y de este modo se investigan los aspectos biológicos y ecológicos del organismo. Conocer su ciclo de vida completo (desde huevo hasta adulto), tipo de alimentación y tipo de daño al grano. Cada organismo tiene sus características específicas para su desarrollo en el almacén; sus requerimientos de alimentación y parámetros de temperatura y humedad. Conocer los hábitos del insecto ayuda en gran medida que procedimientos del control pueden diferenciar extensamente.

Aspectos de detección y monitoreo

Para los aspectos de detección y monitoreo se debe conocer el programa de almacenamiento, es decir el tiempo que pasará el grano en los almacenes. Entre más tiempo se mantenga el grano almacenado, más tiempo de desarrollo de las plagas y ende mas densidad de población.

Al instalar un sistema cerrado para contener grano o semillas para su almacenamiento, es importante establecer un programa de detección de insectos plagas. El muestreo y el monitoreo proporciona la base para los procedimientos del control. Para este programa se debe asignar personal especializado y entrenado para llevar controles bajo bitácoras con formatos para un seguimiento de registros e historial anual del proceso de almacenamiento que incluya todas las observaciones posibles incluyendo el registro de insectos plaga y otras especies indeseables para el almacenamiento de los granos (Figura 2).

roedores, pueden acarrear esporas de hongos, que con alta humedad, proliferan inmediatamente provocando pudriciones y pérdidas en la calidad del grano.

Cuando se encuentren organismos desconocidos, inmediatamente coléctelos. Para coleópteros colóquelos en frascos con alcohol etílico al 50% para su traslado a personal de apoyo para su identificación taxonómica. Para el caso de lepidópteros adultos, colóquelos en frascos vacíos con una pastilla de naftalina. En cada colecta, deberá colocar todos los datos posibles, fecha y lugar de colecta, en que sustrato (tipo de alimento), temperatura y humedad y nombre del colector.

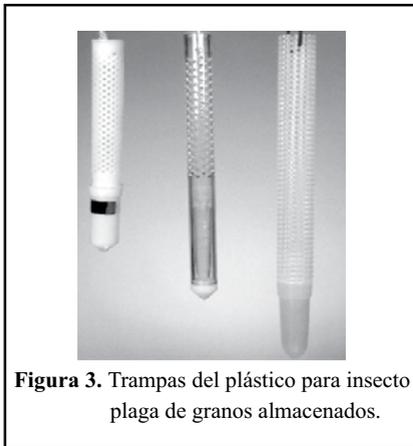
Existen muestreadores comerciales que ayudan a muestrear los granos. Con estos muestreos se pueden tener datos sobre los granos de humedad, poblaciones del insecto, temperatura y calidad del grano en diversas profundidades en la masa del grano. Trampas que pueden utilizarse en los muestreos, tales como probadores de granos, puntas de bala, puntas de prueba de vacío, las pantallas y los tamices (Lippert y Higgins, 2005). (Figura 3).

Además, existen otras trampas de tipo pegajosas atraídas con feromonas (atrayentes sexuales). Este tipo de trampas están disponibles comercialmente y ayudan atraer al insecto para su captura utilizando pegamento. Están diseñadas para la detección y no para el uso como medidas de control primarias de la población. Se usan para el registro del número y aumento relativo de la población de esas especies atraídas por la feromona.

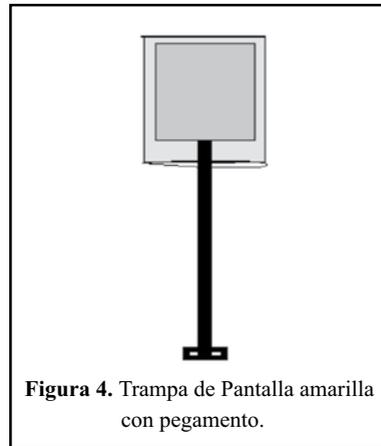
Si no cuenta con suficiente presupuesto, puede armar y disponer de trampas pegajosas sencillas a base de pantallas de color amarillo y con bolsas de plástico. Puede utilizar madera *triplay* de 20 x 30 cm fijado a una base de madera al piso a una altura de 1 m. La pantalla de *triplay* pintada de color amarillo brillante colóquele una bolsa de plástico de manera invertida la cual, enseguida agréguele “biotac” pegamento agrícola o aceite de uso mecánico para diferenciales (Figura 4).

Existe en la actualidad, tecnología avanzada para la detección y monitoreo de los insectos plagas de granos almacenados. En almacenes completamente controlados automáticamente, se han establecido sensores como dispositivos electrónicos que con ayuda de *software* se conforma un sistema que interpreta la información de muestreos que predice la probabilidad de la infestación del insecto, y recomienda la acción preventiva y remediadora apropiada. Los

datos electrónicos, especialmente identificación de la especie, son leídos e interpretados, que de forma automática hará recomendaciones oportunas para control (Bonjour *et al.*, 2007). Estas nuevas tecnologías podrán mejorar la calidad del almacenamiento si se extiende en forma generalizado su uso. Por su inspección permanente, podrá disminuir los costos y reduciendo en forma efectiva la densidad de los insectos plagas.



Umbral



Umbral Económico

El umbral económico (UE) es *la densidad a la que se deben aplicar medidas de control con el fin de evitar el aumento en la población de la plaga impidiendo así que llegue a un nivel de daño económico* (Stern *et al.* 1959, Metcalf & Luckmann, 1990). El nivel de daño económico es el nivel donde el costo de la infestación es igual al costo de la medida de control (Keith, 2000).

En términos prácticos para el almacenamiento de granos, es el número de organismos representado por unidad de infestación del insecto (Ej. 1 coleóptero perforador del grano por cada bulto de grano). El UE es característico y fundamental para el concepto de manejo integrado de plagas. Dependiendo de los insectos plaga, tipo de daños, su tasa reproductiva y el precio del grano en el mercado determina los umbrales económicos. Sin embargo, para fines de manejo de plagas de granos almacenados debe ser poco atendido o definitivamente ser muy bajo. Este concepto puede convivirse en cultivos por la tolerancia de las plantas al grado de infestación, pero en un sistema cerrado es idónea que esté completamente libre de cualquier contaminante.

La comparación con los umbrales económicos que supervisan datos derivados de los muestreos. Se evalúa después de que cada muestreo para ver qué especies plaga está presentes, sus números relativos, si las poblaciones son de aumento o que disminuyen, la cantidad de daño, etc. Cuando los niveles de insectos plaga alcanzan el umbral económico, se detona la acción de una curación inmediata representada generalmente por el control químico, mientras pueden aplicarse el resto de los controles a manera solo de prevención y protección de los granos almacenados.

Control cultural

Todas aquellas acciones intrínsecas que pueden aplicarse en beneficio del saneamiento y prevención son de gran importancia. Un buen control cultural comienza con el saneamiento de compartimientos, equipo, y estándares propios de cada región de la calidad de los granos después de su cosecha para su almacenamiento. Cada compartimiento se debe vaciar del grano del año pasado si es posible y limpiado a fondo antes de cualquier grano nuevo se introduce. Para limpiar un compartimiento del grano, las paredes, el piso, el techo, y cualquier repisa se deben apoyar con detergentes efectivos biodegradables y desinfectantes que no dejen residuos.

En todas estas acciones está involucrado el personal de manera consciente. Como por ejemplo, el personal debe de usar la vestimenta indicada y utilizar la herramienta necesaria para tener mejor éxito en el proceso de su trabajo y evitar la entrada innecesaria a los almacenes o bodegas.

Es muy difícil establecer un buen manejo de los insectos plaga si no se establece un manejo en su conjunto con los diferentes módulos de almacenamiento en una determinada área. Es decir, todas y cada una de las medidas deberán ser ejecutadas en su conjunto de los diferentes almacenes, silos o bodegas en una determinada área geográfica de manejo.

Antes de almacenar

Si las instalaciones de la bodega o almacén están por ocuparse ya sea por primera vez o de manera subsecuente, los compartimientos o componentes de las instalaciones deben estar a prueba de aislamiento y con una base a prueba de humedad. La limpieza absoluta en y alrededor de almacenes es clave fundamental de éxito para la prevención del ingreso de plagas. Cada vez que las instalaciones

estén vacías lave y límpielas. El lavado se debe realizar con jabón biodegradable y con cloro, en las paredes de las bodegas o contenedores de granos, tratando no dejar residuos de ninguna índole.

El área fuera del compartimiento debe también estar libre de insectos, de malas hierbas y de productos del grano. Es mejor limpiar y tratar compartimientos por lo menos dos semanas antes de agregar el nuevo grano. Así mismo, deberán eliminarse cualquier nido de aves, de maleza circundantes a las bodegas o almacenes.

Durante el almacenamiento

Todos los compartimientos se deben examinar sobre una base regular para eliminar fugas. Una vez llenada las bodegas o almacenes, se deben sellar todo compartimiento para eliminar que insectos o roedores ingresen con facilidad. Sin embargo, no selle los respiraderos o los extractores de la aireación al menos que estén en proceso de fumigación.

En los compartimientos se debe evitar el polvo ya que se aloja un gran número de ácaros que pueden afectar al almacenamiento, para este caso se recomienda trampas o contenedores en el piso a base de azufre en los accesos, para que cuando el personal pise el contenedor, evite ingresar los ácaros alojados en la planta del calzado.

Si se adquiere grano más viejo con intenciones de almacenarlo, no lo mezcle con el grano nuevamente cosechado, mantenga un control de separación. Si se compra el grano infestado, para fines de corto plazo, almacénelo preferentemente de manera aislada de cosechas nuevas y elimínelo cuanto antes.

Al ingreso del grano, un aspecto muy importante, es reconocer o rechazar el estado del grano cuando llega al depósito para su almacenamiento, más aun si no cumple con los estándares para su almacenamiento. Los granos sucios (impurezas, tierra, etc.) y los dañados físicamente son los más susceptibles de ser atacados por los insectos y plagas en general.

Después del almacenamiento

Dejar granos olvidados en el piso, basura u otros componentes inherentes al almacenamiento será un foco de infestación e infección de microorganismos.

Elimine todo tipo de residuo aunque no tenga programa de almacenamiento a corto plazo.

No obstante, para todo lo anterior se debe capacitar permanentemente al personal que labora en los almacenes o bodegas de granos.

Control Físico

Cualquier parámetro, proceso o propiedad que provee la física como disciplina y aplicados al manejo de las plagas como métodos físicos de control es aceptado. Parámetros tales como la temperatura, humedad, presión, luz ultravioleta, coloración, ultrasonido, entre otros, son elementos utilizados en el manejo de las plagas y solo nos remitiremos a los más utilizados.

Temperatura

La temperatura puede ser un factor fundamental de control. Almacenar el grano en un lugar fresco (por debajo de los 15°C) retarda el desarrollo y no pueden desarrollarse y reproducirse del mayor número de plagas y en contra parte, el calor es también eficaz, temperatura por encima de 35°C elimina a muchos insectos plagas (Fields, 1999; Gannon, 2000).

Humedad

La mayoría de los insectos almacenados del grano no pueden vivir en el grano extremadamente seco (menos de 10 por ciento), no obstante es impráctico reducir la humedad del grano mucho debajo de los niveles mínimos de la humedad necesarios para el almacenamiento de larga duración (Chappell y Ames, 2000).

La actividad y la reproducción del insecto son favorecidas por la humedad alta del grano (14 por ciento o más), especialmente cuando ocurren la condensación y los moldes, y la fermentación levanta temperatura en la masa del grano. Tales desperdicios y calefacción interna permiten que los insectos sigan siendo activos incluso en invierno.

Luz ultravioleta

Para medida de control e incluso como muestreo, se recomienda utilizar trampas de luz negra (ultravioleta). Este tipo de luz es atrayente de insectos y control es sumamente recomendable utilizar trampas de luz negra (ultravioleta) como atrayentes para un gran número de insectos y con pantallas amarillas con

pegamento que sirve para muestreo y también como control (Fig. 5).



Figura 5. Trampa de luz ultravioleta.

Colores

Aprovechando que cierta radiación de luz, como la coloración amarilla ha sido aprovechada en los últimos 20 años para la captura de diferentes insectos plaga. Se han practicado de diferentes tamaños a manera de mantas en cultivos abiertos de grandes extensiones. Para el caso de almacenes, de manera interna se pueden colocar pantallas amarillas en puntos estratégicos ya sean adquiridas de manera comercial o armarse con bolsas de plástico desechables como se ilustra en la figura 4.

Control biológico

El control biológico parte fundamental del manejo integrado de plagas también puede ser aplicado en el manejo de las plagas de granos almacenados. En E.U.A existen compañías comerciales dedicadas a la reproducción de insectos benéficos para el combate de insectos de granos almacenados. Parasitoides tales como la *Anisopteromalus calandrae*, *Trichogramma pretiosum*, *Bracon hebetor* y depredadores como la chinche pirata de los almacenes *Xylocoris* spp., que pueden ser liberados directamente para el ataque de diferentes especies de plagas.

Para el caso de entomopatógenos, existe la acción de bacterias agentes de control biológico. El bacilo *Bacillus thuringiensis* (*Bt*) es uno de los productos como insecticida biológico que tiene actividad en algunas larvas de lepidópteros. Cabe mencionar que solamente ataca a etapas larvales ya que el *Bt* no tiene efectividad en huevo, pupa o adulto de los lepidópteros por su potencial de acción solo en etapa larval. Este bioinsecticida se ha dirigido en muchas de

las cosechas del grano producidas actualmente. Sin embargo, muchos granos ya son transgénicos, hasta en el almacenamiento prosigue su protección en las plantas transgénicas. El gen de *Bt* que expresa la proteína toxica, también se expresa en el grano así que provee la protección contra la alimentación larval durante el almacenamiento. Aunque no se ha localizado alguna investigación para determinar la eficacia de los granos transgénicos de *Bt* en almacenaje, la protección debe ser igual a o superior a los productos de *Bt* disponibles para los tratamientos almacenados del producto. La expresión de la toxina de *Bt* en cada grano debe proporcionar un nivel de la protección mayor que cualquier tratamiento tópico, del compartimiento o del grano.

Las aplicaciones se han conducido para determinar la eficacia del gen de *Bt* bajo condiciones de almacenaje para lepidópteros, pero no se dispone de información al alcance de *Bt* que controle biológicamente a gorgojos o al resto de coleópteros. Sin embargo, sería sobresaliente promover investigaciones para la incorporar nuevos biotipos de *Bt* que ataquen a coleópteros plagas de granos almacenados.

Otro entomopatógenos como agentes de control biológico en los últimos años está surgiendo como buenos candidatos como bioinsecticida de granos almacenados. Los nematodos entomopatógenos (Nematoda: Heterorhabditidae y Steinernematidae) conocidos como organismos pluricelulares capaces de matar a un variado numero de insectos plaga pueden aplicarse a granos y semillas en proceso de almacenamiento.

Trabajos recientes consideran nematodos del genero *Steinernema* (*S. feltiae*, *S. carpocapsae* y *S. riobrave*) donde se ha demostrado su eficacia. Por ejemplo, *Steinernema riobrave* ha sido evaluada contra insectos plaga de granos almacenados tales como larvas de *Plodia interpunctella*, *Ephestia kuhniella*, *Oryzaephilus surinamensis*, *Tenebrio molitor*, *Tribolium castaneum*, y *Trogoderma variabile* y adultos de *Sitophilus oryzae* y *Rhyzopertha dominica* (Ramos-Rodríguez *et al.* 2006, Ramos-Rodríguez *et al.*, 2007).

Control químico

El control químico como se ha mencionado al inicio de este capítulo, solo será un método consignado únicamente cuando la densidad de población pone en peligro económicamente los productos granos almacenados. La aplicación de fumigantes se debe conducir solamente por personal experimentado debidamente

entrenado. Si los insectos se encuentran sobre los umbrales sugeridos, se sugiere la fumigación. Sin embargo, en ningún momento debe abusarse irracionalmente.

La fumigación de los granos aparte de ser una operación costosa, es potencialmente peligrosa. El uso de gases tales como bromuro de metilo y el fosforo de aluminio que son los más utilizados en México, deben ser manejado por personal especializado, tanto la dosis por aplicar como la supervisión del espacio en donde se liberarán los gases.

Para la presente obra tratamos de eliminar productos químicos convencionales. La intención es manejar a las plagas de manera sustentable.

Tierra de diatomeas

Existen tratamientos no tóxicos que se pueden utilizar en grano almacenado está la tierra diatomeas producto integrado por las membranas celulares fosilizadas de las algas antiguas del mar, que como harina puede ser utilizado como insecticida contra una variedad de insectos plagas (Sullivan, 2002).

Cuando los insectos de plagas de grano entran en contacto con este polvo, la cubierta cerosa en su piel se absorbe, provocándoles deshidratación y posteriormente la muerte. El producto se aplica al grano en el compartimiento, y es más eficaz cuando está aplicado al grano seco en la cosecha.

Fumigaciones

La meta de la fumigación es mantener una concentración tóxica del gas bastante tiempo para matar a la población de los insectos plaga de los almacenes. Los gases tóxicos penetran en las grietas, el producto almacenado, y todos los sitios más escondidos y accesibles del complejo del almacén. Puede penetrar fácilmente en núcleos infestados y deben eliminar todas las etapas de la vida del insecto si están aplicados correctamente. No obstante, los fumigantes no proporcionan la protección residual, así que la re-infestación puede ocurrir inmediatamente después que el grano se ha ventilado hacia fuera y las concentraciones del gas caen debajo de niveles mortales.

Los fumigantes vienen en varias formas y formulaciones. Todas las formulaciones de estos productos etiquetan sus instrucciones de uso y las precauciones para su manejo deben ser leídas y seguidas cuidadosamente. Se deben aplicar las

fumigaciones solamente por los profesionales especialmente entrenados (Lippert y Higgins, 2005).

Fosfuro de aluminio

Este tipo de producto es presentado en tabletas, formulado para desprender gas toxico para los insectos. Cuando los insectos se exponen a estos gases por suficiente tiempo, todas las etapas del desarrollo (huevos, larvas, crisálidas y adultos) se mueren.

El tiempo requerido para la aplicación de fosfuro es muy corto en condiciones calientes, húmedas y condiciones frescas y secas inferiores más largas. Debido a que el gas se difunde a través del grano rápidamente, las estructuras se deben sellar correctamente, especialmente bajo condiciones más frescas (Fields y White, 2002).

Cuando los gases son aplicados a mayores dosis de las recomendadas dañan a la germinación de los granos cuando están almacenados como semillas, además, el fosfuro reacciona con ciertos metales tales como cobre, latón, bronce, oro y plata (Ames, 2009), y esto puede reflejarse en el equipo delicado o sistemas eléctricos existentes en el almacén o bodega. Por último, es un producto extremadamente toxico para los seres humanos. La fumigación debe ocurrir en un compartimiento que pueda ser sellado firmemente. Una vez que el tiempo de la exposición haya terminado, el grano se debe ser fuertemente ventilado y asegurarse de haber eliminado todo residuo del gas toxico.

Bromuro de metilo

El bromuro de metilo es muy efectivo contra plagas de granos almacenados a bajas concentraciones. El bromuro de metilo no solo es efectivo contra insectos, sino también contra ácaros, nematodos, hongos y bacterias.

La ventaja del bromuro metílico es que no daña el equipo electrónico y el cableado, requiere menos hora de matar a insectos, comparado con los fosfuros. Sin embargo, es un gas que a nivel mundial se está prohibiendo; su efectividad es muy notoria y es uno de los productos más eficaces para el combate de plagas de granos almacenados. Sin embargo, es uno de los gases más responsables del daño a la atmosfera terrestre ya que interacciona fuertemente con el ozono.

Bióxido de carbono

El bióxido de carbono también puede funcionar como insecticida ya que químicamente envenena insectos. En un sistema de almacenamiento, con una atmósfera elevada del bióxido de carbono y en un determinado tiempo prolongado puede ser práctico para el almacenamiento de larga duración y se debe utilizar solamente con el grano seco (Fields & White, 2002).

Insecticidas para uso externo

Los insecticidas deberán aplicarse solo en casos para asegurarse en la protección de áreas limitadas de manera externa de los almacenes. Insecticidas de contacto y residuales a base de piretroides podrán aplicarse alrededor o fuera de los compartimientos del grano y no directamente. Las precauciones al usar los insecticidas para proteger el grano almacenado se deben seguir exactamente como se indican en las etiquetas para prevenir el daño al grano y a la semilla, la contaminación del alimento y para prevenir daños corporales.

Evaluación MIP

Como se ha mencionado a lo largo de este capítulo, todas y cada una de las acciones implementadas en los sistemas de almacenamiento deben de llevar un monitoreo constante. La densidad de las poblaciones de insectos plagas serán los indicadores si las metodologías implementadas son las efectivas y eficaces. Cabe mencionar que las medidas implementadas en variadas ocasiones no tienen la misma efectividad ya que todo depende de múltiples factores ambientales pueden influenciar la eficacia de ciertos tratamientos.

Cada vez que se dé por terminado un tratamiento de combate al grano almacenado, es importante proseguir con los muestreos subsecuentes para evaluar su efectividad.

Los problemas reales de la contaminación de insectos plagas en los almacenes en gran medida es por descuido y por falta de determinación oportuna de combate. Una buena supervisión periódica basta para establecer un idóneo manejo que se refleje en la calidad del grano o semilla almacenada al momento de abandonar el sistema de almacenamiento ya sea para consumo humano y/o animal o para fines de producción agrícola como semilla.

RECOMENDACIONES FINALES

- Establecer rutina de controles de detección.
- Debe de practicarse a diario la limpieza de residuos. En el polvo se aloja un gran número de ácaros que pueden afectar al almacenamiento.
- Es de gran ayuda el lavado con jabón biodegradable y con cloro las paredes de las bodegas o contenedores de granos.
- No es recomendable encender luces cercanas a la bodega o almacenes en las noches por la atracción de un gran número de insectos.
- Tampoco se recomienda dejar crecer la maleza cercana a los edificios.
- Debe mantenerse asperjados con productos de acción de contacto de bajo impacto ambiental (ej. Piretroides) incluso aplicar mediante barrenos al piso de la bodega o almacén.
- Debe existir una charola con insecticidas de bajo impacto para el acceso del personal y/o azufre en polvo para la eliminación de ácaros.
- Mantener las puertas cerradas de acceso.
- Aunque es antiestético, no se recomienda eliminar las arañas existentes porque ayudan a contrarrestar el problema por su acción depredadora
- Establecer normas disciplinarias para el personal con capacitación periódica para que tengan conciencia de los problemas que acarrear la presencia de los contaminantes biológicos como insectos plaga.

CONCLUSIONES

El manejo integrado de plagas es una buena estrategia para aplicarla en el combate de los insectos plagas en granos almacenados. Sin embargo, debe tener especial atención tomar en cuenta los umbrales económicos. El manejo integrado tolera presencia y convive con niveles poblacionales en un nivel imperceptible sustentado en el umbral económico. En ese sentido, para el caso de almacenamientos de cosechas de grano las medidas preventivas y la exclusión total de cualquier organismo del sistema cerrado es lo más recomendable. Todos los organismos plagas mencionados anteriormente, pueden combatirse en forma eficiente si se toman todas las medidas de prevención y de limpieza. Hay que ejercer mayor voluntad y atención en todas las medidas preventivas y de protección efectiva, donde no existan puntos débiles que los insectos plaga quieran introducirse a los almacenes.

En resumen, el manejo integrado de plagas de los almacenes está compuesto de varios componentes desde los fundamentos (taxonomía, bioecología, monitoreo y umbral económico de los insectos plagas) hasta las tácticas como diferentes tipos de control. Las tácticas y controles integrados de manera compatible adjunto con estrictos controles de profilaxis y supervisión se obtienen resultados exitosos de manera sustentable. Como punto final, se debe hacer énfasis en no perder el rubro de la capacitación permanente del personal. Más aun, cuando hay rotación constante de personal.

BIBLIOGRAFÍA

- Ames, D. H. 2009. **Stored-grain Insect Pest Management**. FIELD CROP Insects: Stored-grain Insect Pest Management 4-117
- Bonjour, E.L., T.W. Phillips, R. Larson y D. Shuman. 2007. **Evaluation a remote monitoring device for stored grain insects in a commercial facility**. In: *Donahaye, E.J., Navarro, S., Bell, C., Jayas, D., Noyes, R., Phillips, T.W. [Eds.] (2007) Proc. Int. Conf. Controlled Atmosphere and Fumigation in Stored Products, Gold-Coast Australia 8-13th August 2004. FTIC Ltd. Publishing, Israel. pp. 369-373.*
- Chappell, G.N., D. H. Ames, S. McNeill. 2000. **Seeds and Stored Grains PART V**. Virginia Cooperative Extension *Agronomy Handbook*. p. 59-67.
- Fields, P.G. 1999. **The control of stored-product insects and mites with extreme temperatures**. Fumigants and Pheromones. Fall. p. 8-9.
- Fields, P. y N. White. 2002. **Stored-Grain Insect Management**. **Cereal Research Centre**, Agriculture and Agri-Food Canada, Winnipeg. p. 137-144.
- Gannon, B. 2000. **Heat treatment checklist**. Fumigants and Pheromones. Spring. p. 2.
- Keith D.L. 2000. **Insects Pest Management (IPM) in Farm-Stored Grain**. IANR, University of Nebraska/Lincoln. p. 1-8.
- Metcalf, R.L. y W.H. Luckman. 1990. **Introducción al manejo de plagas de insectos**. Limusa-Noriega. México. 710 p.
- Ramos-Rodríguez O., J.F. Campbell, S.B. Ramaswamy. 2006. **Pathogenicity of three species of entomopathogenic nematodes to some major stored-product insect pests**. *Journal of Stored Products Research*, 42: 241-252.
- Ramos-Rodríguez, O., J. F. Campbell y S.B. Ramaswamy. 2007. **Efficacy of the entomopathogenic nematode *Steinernema riobrave* against the stored-product insect pests *Tribolium castaneum* and *Plodia interpunctella***.

Biological Control, 40: 15–21.

Stern, V.M., R.F. Smith, R. Van den Bosch y K.S. Hagen. 1959. **The Integrated control concept.** *Hilgardia* 29(2):81.

Sullivan, P. 2002. **Stored grain pest management.** Bol. Tec. ATTRA. P.1-4.

Weinzierl, R. y R. Higgins. 2008. **Insect Pest Management for Stored Grain.** Illinois Agricultural Pest Management Handbook. p147-156.

SITIOS WEB RECOMENDADOS:

<http://www.cosechaypostcosecha.org/data/articulos/postcosecha/ControlPlagasGranosAlmacenados.asp>

http://www.infoagro.com/abonos/bromuro_de_metilo2.htm

http://www.oliverexterminatingpr.com/prod_almacenados.htm

<http://osasun.cl/paginas/plagascecre.htm>

<http://pasture.ecn.purdue.edu/~grainlab/>

<http://www.usgmrl.ksu.edu/>

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

José Lorenzo Meza García

Doctorante en Ciencias en Biotecnología por la Universidad Autónoma de Nuevo León. Maestría en Ciencias en Recursos Naturales por el Colegio de la Frontera Sur, Tapachula Chiapas. Licenciado en Ciencias Biológicas por la Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, Baja California. Profesor Investigador en Control Biológico del Departamento Académico de Ciencias Biológicas de la Universidad de Occidente Unidad Guasave.



**UNIVERSIDAD DE
OCCIDENTE**

Jesús Ricardo Camacho Báez

Maestría en Ciencias por el CIIDIR-IPN Unidad Sinaloa, especialidad en Recursos Naturales y Medio Ambiente. Ingeniero Agrónomo Especialista en Parasitología en la Escuela Superior de Agricultura (UAS) Culiacán, Sin. Profesor Investigador del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional del Instituto Politécnico Nacional CIIDIR (COFAA)-IPN Unidad Sinaloa.

Cuerpo Académico



Unidad Sinaloa

**Laboratorio de Bioinsecticidas
Departamento Agropecuario
CIIDIR IPN Unidad Sinaloa**

Edgardo C3rtez Mondaca

Doctorado en Ciencias en Entomolog3a y Acarolog3a por el Colegio de Postgraduados en Ciencias Agr3colas. Estancia de Investigaci3n en desarrollo de estudios de control biol3gico de insectos plaga de c3tricos en The Texas A&M University System. Maestr3a en Ciencias en Parasitolog3a Agr3cola por La Universidad Aut3noma Agraria Antonio Narro. Ingeniero Agr3nomo especialista en Parasitolog3a Agr3cola por La Escuela Superior de Agricultura del Valle del Fuerte de La Universidad Aut3noma de Sinaloa. **Miembro del Sistema Nacional de Investigadores (SNI), CONACYT-M3xico.**



**Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales, Agr3colas y Pecuarias**

Investigador de Entomolog3a en el INIFAP-Campo
Experimental Valle del Fuerte

CONTROL DE PLAGAS DE GRANOS ALMACENADOS CON INSECTICIDAS BIORRACIONALES EN EL NORTE DE SINALOA

Adolfo Dagoberto Armenta Bojorquez
Jesús Ricardo Camacho Báez
Miguel Ángel Apodaca Sánchez

INTRODUCCIÓN

En el Norte de Sinaloa los principales cultivos de granos son el maíz y el frijol, con una producción de 2,657,410 y 106,851 ton, respectivamente en el año 2007 (Siap-Sagarpa, 2007), las plagas más comunes en granos almacenados de maíz y frijol en el norte de Sinaloa, son en maíz, el gorgojo del maíz (*Sitophilus zeamais*) y en frijol, el gorgojo pardo (*Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera:Bruchidae).

Dentro de las alternativas de control económicas para los agricultores de comunidades rurales o para quienes deseen realizar cultivos ecológicos, esta el manejo biorracional de plagas de granos almacenados, como ejemplo de ellas se encuentra; la exposición de granos al sol, uso de polvos vegetales y materiales inertes.

En Sinaloa es común que los productores de maíz, de las comunidades que cultivan en condiciones de riego, almacenen pequeñas cantidades de grano para consumo de animales, mientras que los productores de frijol, almacenan granos para consumo familiar y como semilla. En las prácticas de manejo biorracional que realizan, se encuentra la exposición de los granos al sol para la eliminación de diversos tipos de insectos, ya que éstos generalmente no toleran temperaturas superiores a 40°C. Además, con esta acción se disminuye la humedad excesiva del grano, protegiéndolo del ataque de hongos. Cuando el frijol es almacenado con humedad mayor del 14% se expone a mayor riesgo de ataque de plagas, y se reduce el porcentaje de germinación como semilla, es recomendable estibar los costales sobre madera para evitar el contacto directo con el suelo y/o paredes para evitar que los granos absorban humedad. El material inerte más utilizado para el control de plagas de granos almacenados es la cal y su aplicación se

realiza después de exposición de los granos al sol, en una proporción del 1% de cal con aceptables resultados, el inconveniente que presenta la cal, es cuando el grano se utiliza como semilla, durante la siembra con sembradora mecánica se acumula en los engranes y tiende a dificultar la siembra. La utilización de polvos vegetales es una práctica biorracional menos común, se utilizan las ramas sin moler de plantas como el epazote (*Teloxys ambrosioides*) y en los últimos años el neem (*Azadirachta indica* A. juss), estas ramas son colocadas entre los costales para evitar que las plagas penetren, ya que producen un efecto de repelencia contra la plagas, evita que ovopositen y en consecuencia elimina su presencia. Estudios realizados en Sinaloa por Nava *et al*, (2002) encuentran un 71, 72 y 79 por ciento de mortalidad del gorgojo pardo del frijol (*Acantohoscelides obtectus*) con extractos de batamote (*Bacharis glutinosa*), eucalipto (*Eucalyptus globulus*) y paraíso (*Melia azedarach*) respectivamente. Las hojas de eucalipto (*Eucalyptus globulus*) actúan como repelente contra el gorgojo de maíz (*Sitophilus zeamais*) (Cazares, 1990).

El uso de polvos vegetales es una técnica recuperada de la agricultura de subsistencia, en México como en otros países, la información de qué especies vegetales y qué parte de éstas son las que se combinan con los granos, se transmiten como conocimiento empírico de generación en generación.

Según Rodríguez (2000), las plantas que tradicionalmente se han utilizado en graneros rústicos, para evitar el daño del grano por insectos son; cebolla (*Allium cepa*), ajo (*Allium sativum*), neem (*Azadirachta indica*), ají o chile (*Capsicum spp*), cedro (*Cedrela spp*), *Croton spp*, colorín (*Erythrina americana*), eucalipto (*Eucalyptus globulus*), paraíso (*Melia azedarach*), menta (*Mentha spicata*), tabaco (*Nicotiana tabacum*), hierba santa (*Piper auritum*), homeoquelite (*Piper sanctum*), saúco (*Sambucus mexicana*), jaboncillo (*Sapindus spp*) y ramatinaja (*Trichilia havanensis*).

Tiempo atrás, hablar de insecticidas vegetales se limitaba al uso de piretro (*Tanacetum cinerariifolium*), tabaco (*Nicotiana tabacum*) y rotenona (*Derris spp*) entre otros, ya que hoy en día en varios lugares del mundo, hay grupos de investigación trabajando en la búsqueda de nuevas plantas con propiedades insecticidas.

La mayoría de las especies de plantas que se utilizan en la protección vegetal, tienen un efecto insectistático más que insecticida (Silva *et al.*, 2002; Rodríguez, 2004). Es decir, inhiben el desarrollo normal de los insectos. Sin embargo, no se puede olvidar que algunas sustancias vegetales si provocan un efecto insecticida como sucede con las piretrinas, la nicotina o la rotenona (Izuru, 1970).

Según Coats (1994), los compuestos naturales tienen un efecto protector que principalmente se debe a repelencia, disuasivo de la alimentación u oviposición y regulador de crecimiento. Además Metcalf y Metcalf (1992), también señalan los efectos de confusión y interrupción. Por lo tanto, debemos considerar a todos aquellos compuestos que sabemos que su efecto es insectistático como preventivos más que como curativos (Rodríguez, 1993). Cuando el insecto ya penetró el grano, cualquier polvo vegetal de probada eficacia protectora no tendrá efecto (Lagunes, 1994).

Sin embargo, de la cantidad de información generada por diversos investigadores, se han obtenido resultados altamente prometedores, que pueden ser ya incluidos dentro de un control integral de plagas de granos almacenados. Por ejemplo, para controlar al gorgojo del maíz se ha concluido que la semilla molida de chicalote a dosis de 1 g de producto por 100 g de maíz, provoca el 98.9% de mortalidad y reduce a 0% las emergencias de nuevas generaciones y el daño al grano. Similares resultados se han generado con la raíz molida de valeriana a la misma dosis, en tanto que con hojas y tallos molidos de ruda se ha logrado el 43.3% de mortalidad y 0% de emergencias y daño al grano. Resultados un poco menos eficientes han sido obtenidos con la hoja molida de huizache que ocasiona el 33% de mortalidad, reduciendo las emergencias de nuevas generaciones en 15%, disminuyendo el daño al grano en 30%.

Las especies señaladas se pueden emplear sin restricción, ya que no causan daño al hombre ni a los animales, a excepción del chicalote, considerada una planta tóxica, por lo que tal vez pudiera emplearse únicamente en el tratamiento de semilla destinada a la siembra. No obstante, con esta planta en particular, hace falta realizar más estudios para poder recomendar su empleo.

Si se pretende emplear alguna de las plantas mencionadas (o alguna otra) se debe seguir el siguiente procedimiento general:

Secado de las plantas: El almacenamiento de plantas, como es natural, no puede ser indefinido, ya que a través del tiempo éstas comienzan a perder sus principios activos. Por lo tanto, las plantas secas duran en óptimas condiciones seis meses y hasta un año; después, es necesario efectuar un reemplazo por producto nuevo o fresco. Las plantas recién colectadas y libres de impurezas se pueden poner a secar de diversas formas: colgadas en manojos en un cuarto seco y limpio; extendidas entre dos pedazos de tela; guardadas en bolsas de tule o jarcia como las que se usan para ir al mercado, las cuales se cuelgan para que circule el aire libremente entre ellas y no sean atacadas por hongos o insectos. El cuarto de secado debe asearse diariamente evitando colgar plantas cerca de paredes húmedas. Las plantas que presenten aromas fuertes deben secarse separadas de las demás; las hojas y semillas se secan a la sombra; las flores necesitan secarse rápidamente al resguardo de la luz; raíces, cortezas y frutos, deben secarse al sol cortándolos en trozos pequeños; no se deben tocar las hierbas durante el proceso de secado y nunca deberá mezclarse el material seco con el fresco.

Almacenamiento: Una vez secas las hierbas, se ponen en frascos de vidrio, madera u hojalata perfectamente secos. Para guardarlas se pueden: rallar con un utensilio común de cocina; cepillar con garlopa de carpintero para las cortezas o troncos; quebrar con mano o martillo; cortar con un cuchillo; pulverizar con molcajete, mortero o molino de mano (formulación ideal para las plantas recomendadas).

Medidas de prevención: Para reducir al mínimo la posibilidad de que la cosecha se vea infestada por plagas o contaminada por enfermedades en el almacén, es conveniente aplicar algunas medidas de prevención como las siguientes: para ahuyentar insectos plaga y evitar enfermedades es aconsejable asolear el grano por lo menos durante cuatro días.

La temperatura puede ser un factor fundamental de control. Almacenar el grano en un lugar fresco (por debajo de los 15°C) retarda el desarrollo y no pueden desarrollarse y reproducirse del mayor número de plagas y en contra parte, el calor es también eficaz, temperatura por encima de 35°C elimina a muchos insectos plagas (Fields, 1999; Gannon, 2000).

Se recomienda por el hecho de que en muchas ocasiones los granos ya vienen infestados desde el campo; se debe de limpiar perfectamente el grano antes de almacenarlo tratando de eliminar paja, tallos, piedras, etcétera, así como los

granos rotos o perforados. Nunca se deberá revolver la cosecha nueva con restos de la anterior; y tener en primer lugar el almacén o el lugar destinado para guardar los granos perfectamente limpio y libre de desechos de la cosecha anterior.

La mayoría de las infestaciones de insectos en grano almacenado se originan en el área cercana de los módulos de almacenamiento. El saneamiento del área es importante puesto que muchos de los organismos plaga comúnmente almacenados pueden volar y moverse de un compartimiento a otro.

Existen otros organismos que penetran a los granos almacenados y se suman a otros tipos de insectos que se alimentan de hongos, lo que puede ocasionar problemas en la limpieza y calidad del grano (Weinzierl y Higgins, 2008).

Si no se cuenta con almacén o granero es recomendable guardarlos en bolsas de plástico, las cuales se introducirán en costales para evitar que se rompan; o bien, se puede almacenar en tambos con tapa para poderlos cerrar herméticamente, teniendo siempre la precaución de colocarlos en un lugar fresco, seco y bien ventilado.

Aplicaciones: La aplicación de los polvos obtenidos de cualquiera de las plantas recomendadas (valeriana, ruda o huizache) se lleva a cabo de la siguiente manera: se mezcla, antes de guardar el grano, cualquiera de las plantas sugeridas a razón de 500 g de planta molida por cada 50 kg de grano. Si se desea emplear cal la dosis es la misma. Es importante realizar muestreos periódicos del grano tratado para que, ante cualquier infestación, se vuelvan a realizar las aplicaciones pertinentes.

Las ventajas y desventajas del uso de polvos vegetales según Cortez (2005), son las siguientes:

Ventajas

1. Se pueden obtener bajos costos y mediante métodos sencillos de producción.
2. Propicia la disminución de la contaminación ambiental, mejoran la calidad de vida y protegen la salud de los productores y consumidores.
3. Generalmente contienen más de un principio activo insecticida, lo que;
 - a) evita que la plaga pueda desarrollar resistencia y b) los hacen seguros para los organismos no objetivo de control.

4. Se pueden integrar fácilmente en programas de manejo de plagas.

Desventajas

1. Los resultados generalmente no son espectaculares, en ocasiones pueden pasar desapercibidos.
2. Por su baja persistencia en el ambiente se deben de aplicar repetidamente.
3. Mayormente se deben aplicar en forma preventiva, lo que demanda un mayor conocimiento del sistema plaga-cultivo.
4. Actualmente existe una falta de información que documente adecuadamente los efectos de estos plaguicidas.

De esta forma y con la finalidad de obtener el máximo provecho de una planta con propiedades insecticidas, sin que ello implique un deterioro al ecosistema, se han enlistado las características que debe tener la planta insecticida ideal (Silva, 2001).

- 1.- Ser perenne.
- 2.- Estar ampliamente distribuida y en grandes cantidades en la naturaleza, o bien que se pueda cultivar.
- 3.- Usar órganos de la planta renovables como hojas, flores o frutos.
- 4.- No ser destruida cada vez que se necesite recolectar material (evitar el uso de raíces y cortezas).
- 5.- Requerir poco espacio, manejo, agua y fertilización.
- 6.- Tener usos complementarios (como medicinales).
- 7.- No tener un alto valor económico.
- 8.- Ser efectiva a bajas dosis.

Plantas con propiedades para el control de plagas de granos almacenados.



Laurel rosa *Nerium oleander* L.
Disuasivo de alimentación y repelente de chicharritas, gorgojos, áfidos y palomilla dorso de diamante. Nematodo *Rotylenchulus* y *Helicotylenchus*.



Eucalipto *Eucalyptus* sp.
Induce desorientación y es repelente reportado contra gorgojos y palomillas de granos almacenados, áfidos, gusano del cuerno y mosquitos.



Cebolla *allium cepa* l.
Repelente de gorgojos, áfidos y diabroticas.

Plantas con propiedades para el control de plagas de granos almacenados

	<p>HIGUERILLA <i>Ricinus comunis</i> L. Repelente y tóxico agudo contra áfidos, gorgojos, mosca blanca, moscas y mosquitos, nematodos <i>Helicotylenchus</i>, <i>Heterodera</i>, <i>Meloidogyne</i> y <i>Pratylenchus</i>.</p>
	<p>NIM <i>Azadirachta indica</i> A. Juss. Tóxico agudo, esterilizante, repelente, disuasivo de alimentación y oviposición, y regulador del crecimiento reportan efecto sobre cientos de insecto como mosca blanca, g. cogollero del maíz, g. tabacalero, dorso de diamante, mosca minadora, gorgojos, ácaros y nematodos.</p>
	<p>EPAZOTE <i>Teloxys ambrosioides</i> Tiene actividad toxica el gorgojo pardo del frijol <i>Acanthoscelides obtectus</i> , evita la ovoposición, y en consecuencia la emergencia de adultos. Tiene actividad también contra el gorgojo de cuatro manchas, gorgojo del cacahuete, barrenador menor de los granos, gorgojo del arroz, gorgojo del maíz, gorgojo castaño de la india, gorgojo confuso de la harina.</p>

En lo que respecta a los materiales inertes probados, tenemos tierra de diatomeas, cal, ceniza, carbón vegetal, arena y sal. Según Sánchez *et al.*, (1989), la utilización de cal es un medio para controlar el gorgojo del maíz y al gorgojo del frijol. La dosis ideal para que se ejerza un buen control es de 1 g de producto por 100 g de grano (maíz o frijol).



Tierra de diatomeas



Polvos minerales

CONCLUSIONES

Por los efectos que han causado la aplicación irracional de productos químicos sintéticos para el control de plagas de granos almacenados, una opción para practicar un manejo sustentable en los tiempos actuales es la utilización de productos biorracionales ya que son una alternativa para reducir la contaminación y efectos negativos en general de los pesticidas; también se pueden aprovechar los recursos naturales de la región, y deben de ser considerados, para ser incluido en un manejo integrado de plagas de granos almacenados en escala industrial.

LITERATURA CITADA

- Coats, J. R. 1994. **Risks from natural versus synthetic insecticides.** Annu. Rev. Entomol. 39:489-515.
- Cortez, M. E. 2005. **Insecticidas vegetales: fundamentos, elaboración y uso.** Memorias de taller de producción de bioplaguicidas. INIFAP, Fundación produce Sinaloa, CIAD. Pág. 7-16

- Fields, P.G. 1999. **The control of stored-product insects and mites with extreme temperatures.** Fumigants and Pheromones. Fall. p. 8–9.
- Gannon, B. 2000. **Heat treatment checklist.** Fumigants and Pheromones. Spring. p. 2.
- Izuru, Y. 1970. **Mode of action of pyrethroids, nicotinoids and rotenoids.** Annu. Rev. Entomol. 15:257-272.
- Lagunes, A. 1994. **Uso de extractos y polvos vegetales y polvos minerales para el combate de plagas del maíz y del frijol en la agricultura de subsistencia.** Colegio de Postgraduados.
- Metcalf, R.L y E.R. Metcalf. 1992. **Plant kairomones in insect ecology and control.** Chapman and Hall. New York. USA. p 169.
- Nava, P.E., Gastelum H.P., Camacho B.J.R., Valdez, T.B., Bernal R.C. y Herrera F.R. 2002. **Utilización de extractos de plantas para el control de gorgojo pardo (*acanthoscelides obtectus*) en frijol almacenado.** XII Congreso Nacional de Ingeniería Agrícola y II foro de la agroindustria del Mezcal. Oaxaca.
- Rodríguez, H.C. 1993. **Fito insecticidas en el combate de insectos.** In: “Bases prácticas de la agroecología en el desarrollo centroamericano”. Modulo II: Manejo de plagas en el sistema de producción orgánica. San Martín Zapotitlan, Retalhuelu. Guatemala pág 112-125.
- Rodríguez, C. 2000. **Plantas contra plagas. RAPAM.** Texcoco. México. 133 p.
- Rodríguez, C. 2004. **Insecticidas vegetales para cambio de paradigma.** In: Memorias, manejo de plagas en cultivo de tomate, chile y pepino. Fundación produce Sinaloa, A.C., UAS. Culiacán Sinaloa. pp 117-130.
- Silva, G. A. Lagunes, J.C. Rodríguez y D. Rodríguez. 2002. **Insecticidas vegetales; una vieja y nueva alternativa en el manejo de insectos.** Revista Manejo Integrado de Plagas y Agroecología 66:4-12.
- Silva, G. 2001. **Evaluación de polvos vegetales solos y en mezcla con inertes minerales para el combate de *Sitophilus zeamais* Motschulsky en maíz almacenado.** Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de postgraduados en Ciencias Agrícolas. Montecillos, Texcoco, México.
- Sánchez, A.H. Lagunas, T.A. y Llanderal, C.C. 1989. **Actividad de polvos minerales para el combate de *Prostephanus truncatus* (HORN) y *Sitophilus zeamais* MOTSCHULSKY, en maíz almacenado.** Colegio de Postgraduados, Agrociencia Número 76. 58 p.
- SIAP-SAGARPA. 2007. **Servicio de información estadística agroalimentaria (SIAP).** (En línea). Disponible en <http://www.siap.sagarpa.gob.mx/integra/>

Agricola/DatsBas/DBmaiz.pdf.

Weinzierl, R. y R. Higgins. 2008. **Insect Pest Management for Stored Grain.**
Illinois Agricultural Pest Management Handbook. p147-156.

Adolfo Dagoberto Armenta Bojorquez

Doctorado y Maestría en Edafología en el Colegio de Postgraduados, Montecillos, México. Profesor Investigador del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional del Instituto Politécnico Nacional CIIDIR (COFAA) IPN Unidad Sinaloa.

Jesús Ricardo Camacho Báez

Maestría en Ciencias por el CIIDIR-IPN Unidad Sinaloa, especialidad en Recursos Naturales y Medio Ambiente. Ingeniero Agrónomo Especialista en Parasitología en la Escuela Superior de Agricultura (UAS) Culiacán, Sin. Profesor Investigador del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional del Instituto Politécnico Nacional CIIDIR (COFAA) IPN Unidad Sinaloa.

Cuerpo Académico



Laboratorio de Bioinsecticidas
Departamento Agropecuario
CIIDIR IPN Unidad Sinaloa

Miguel Ángel Apodaca Sánchez

Doctorado en ciencias (Fitopatología) por el Instituto de Fitosanidad, Colegio de Postgraduados (CP). Maestro en Ciencias, Centro de Fitopatología, CP. Ingeniero Agrónomo en Parasitología, Escuela Superior de Agricultura (ESA), Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS). Profesor-Investigador de tiempo completo en la ESA y ESA-Valle del Fuerte, UAS; y del Centro de Investigación Interdisciplinaria para el Desarrollo Integral Regional Unidad Sinaloa, Instituto Politécnico Nacional. Investigador Titular del Campo Experimental Valle del Fuerte, INIFAP. **Miembro del Sistema Nacional de Investigadores (SNI), CONACyT, México.**

Cuerpo Académico



Escuela Superior de Agricultura del Valle del Fuerte

HONGOS ENTOMOPATÓGENOS: UNA OPCIÓN SUSTENTABLE PARA EL CONTROL DE PLAGAS DE GRANOS ALMACENADOS

Cipriano García Gutierrez
Ninfa María Rosas Garcia
Rey David Ruelas Ayala

INTRODUCCIÓN

El aumento de la población humana demanda la producción de alimentos (maíz, trigo, soya, sorgo y arroz), lo que ha propiciado el desarrollo de tecnología para la conservación de los granos en almacén. Estos alimentos son perecederos, por lo que las pérdidas en almacenes causadas por plagas y patógenos son problemas graves que debe enfrentar el productor durante la postcosecha. Esta situación se agudiza en los países en desarrollo, donde los pequeños productores pierden sus cosechas a causa de la destrucción de los granos causada por ácaros, roedores, insectos, hongos y bacterias (Larraín, 1994). De estos agentes perjudiciales, los insectos son los causantes de las mayores pérdidas de granos (White, 1995), y entre los más importantes se encuentran los gorgojos de los graneros del trigo, *Sitophilus granarius*, los del maíz, *S. zeamais* y los del arroz, *S. orizae*. Así como el barrenador grande del grano, *Prostephanus truncatus*, el taladrillo de los granos *Rhyzoperta dominica*, el escarabajo confuso de la harina *Tribolium confusum* y el gorgojo del frijol *Acanthoscelides obtetus* (Say), y la palomilla del trigo o cereales *Sitotroga cerealella*. La palomilla de la harina *Plodia interpunctella* y palomilla o polilla mediterránea de la harina *Ephestia* {Anagasta} *kuehniella*; de este complejo se pueden presentar dos o más especies dominantes, dependiendo del tipo de grano, o bien colonizaciones sucesivas, ya sea en el granero o en el almacén o en las harineras. La acción individual o en conjunto de estos insectos reduce el peso, la calidad, y el valor comercial de las semillas, así como su poder germinativo (Campanella y Díaz, 1978; Marsans, 1987). En general se estiman daños del 3 al 12 % en los granos acopiados, lo que se traduce en importantes pérdidas económicas y problemas negativos de inocuidad alimentaria en esta actividad.

Los granos almacenados constituyen un agroecosistema complejo, debido a que en el ocurren interacciones entre luz, temperatura, humedad y agentes bióticos.

Después de la cosecha los granos y semillas pueden ser atacados por numerosos insectos y los daños que estos causan pueden ser directos e indirectos (Larrain, 1994); los directos se observan cuando el insecto se alimenta de la semilla y se contamina el entorno con sus desechos, y/o baja el porcentaje de germinación, mientras que los indirectos consisten en la elevación la temperatura y diseminación de las esporas de los hongos e incluso atacar y dañar el material de empaque y estructuras de las bodegas (Serna, 1996). La infestación por insectos puede iniciar en el campo, durante el transporte, y/o en la bodega (Ramayo, 1983). Debido a esto, se deben tomar las medidas de control preventivas o curativas.

El control químico a base de insecticidas es el método más utilizado para eliminar plagas de los granos almacenados (White y Leesch, 1996). Sin embargo, el uso continuo de estos productos genera problemas de resistencia adquirida en los insectos, eliminación de los insectos benéficos y problemas de residuos tóxicos para los humanos y la fauna silvestre (Khan y Selman 1989; Adane *et al.*, 1996; Padin *et al.*, 2002). Para hacer frente a este problema es necesario implementar sistemas de protección agrícola bajo un esquema de manejo sustentable (Figura 1), basado en el mayor conocimiento de las interrelaciones existentes en el sistema y los organismos presentes en el campo (Badii, 2004, 2005; Badii y Abreu, 2006a,b; Badii y Ruvalcaba, 2006), para este caso en particular se debe de considerar el sistema cultivo-ambiente-almacén-insecto.



Figura 1. Factores que influyen en el manejo sustentable de plagas de granos almacenados

Hongos entomopatógenos para el control de plagas en almacén

Una alternativa agroecológica que ha resultado exitosa en Cuba, Colombia y Brasil es el uso de organismos entomopatógenos, los cuales tienen la capacidad de reducir las poblaciones de plagas en almacén. Al respecto, se conocen cerca de 100 géneros y 700 especies de hongos entomopatógenos, y entre los más importantes están: *Metarhizium*, *Beauveria*, *Aschersonia*, *Entomophthora*, *Zoophthora*, *Erynia*, *Eryniopsis*, *Akanthomyces*, *Fusarium*, *Hirsutella*, *Hymenostilbe*, *Paecilomyces* y *Verticillium* (Monzon, 2001).

Mecánismo de acción

Los hongos pueden ocasionar enfermedad y propagarse en la población insectil, dependiendo de las interacciones y factores relacionados con: 1). El patógeno (patogenicidad, virulencia, dispersión y persistencia); 2). El hospedero (susceptibilidad, densidad y distribución, comportamiento, y 3). El medio ambiente (abióticos: temperatura, humedad, viento, lluvias; y bióticos: parásitos, depredadores, planta huésped). Estos patógenos de insectos se caracterizan por: 1). Causar infección en cualquier etapa de desarrollo del insecto; 2). Después del contacto con la cutícula del insecto, la conidia inicia la germinación en condiciones específicas de temperatura (15°-35°C) y humedad (70% H.R.); 3). Durante la germinación, el tubo germinal produce enzimas que destruyen la pared celular y permiten que el hongo penetre; 4). Cuando el tubo germinal llega a la cavidad del hemocele y produce micelio este invade los tejidos y fluidos corporales hasta llenar el interior del hospedero causando su muerte, por el daño mecánico o por la liberación de toxinas resultantes del metabolismo. El hospedero muere en 5 a 6 días después de la penetración del tubo germinal. Si las condiciones son favorables ocurre la esporulación desde los cuerpos fructíferos, llamados conidióforos, del interior del integumento del hospedero. Luego se producen las conidias, si la humedad es alta, el viento dispersa las conidias. Los insectos afectados se observan débiles e inactivos, luego se cubren por una masa algodonosa de color blanco (micelios) y mueren lentamente, quedando momificados con un color variable (Castillo *et al.*, 1995). La mayoría de las enfermedades de insectos ocasionadas por hongos, principalmente Deuteromycetes y Entomophthorales son comunes y de amplia distribución, logrando disminuir a las poblaciones de insectos de manera natural, a través de epizootias espectaculares, por lo que el potencial de estos organismos como agentes de control microbiano puede ser

utilizado para el control de insectos plaga (Donald *et al.*, 1991 y Fuxa, 1987). Los hongos entomopatógenos requieren humedad para infectar a su huésped, por lo que las epizootias naturales son más comunes durante condiciones de alta humedad, debido a esto su uso es poco recomendable si se trata de usarlos en un almacén de semillas.

Control de insectos plaga de semillas con hongos

Moino y Alves (1995) evaluaron 72 aislamientos de *B. bassiana*, encontrando 10 con efecto tóxico para *S. oryzae*, *S. zeamais* y *R. dominica*, llegando a obtener en algunos casos una mortalidad cercana al 100%. En un trabajo posterior, los mismos autores obtuvieron reducciones de un 60% de *S. zeamais* con inoculaciones de este mismo hongo. Padin y col. (1995) evaluaron a *B. bassiana*, *M. anisopliae*, *Nomuraea rileyi* y *Verticillium lecanii* sobre *S. oryzae*, *R. dominica* y *T. castaneum*, encontrando que *B. bassiana* fue el hongo más efectivo y que *S. oryzae* fue la plaga más susceptible.

Metarhizium anisopliae es un hongo que puede ser usado exitosamente para el control de insectos de granos almacenados particularmente en el control de *S. oryzae* y *R. dominica* en donde ha demostrado una reducción de estas plagas hasta por 5 meses (Athanassiou *et al.*, 2008). Así mismo la formulación de *M. anisopliae* con carbón y cenizas ha causado mortalidades cercanas al 90% en *S. oryzae* (Batta, 2004). Igualmente la formulación de este hongo con conidias en polvo y tierra de diatomeas ha mostrado notables reducciones en las poblaciones de *R. dominica*, *S. oryzae* y *T. confusum*, aún mayores que las causadas por el uso de suspensiones de conidias (Kavallieratos *et al.*, 2006)

Posibilidades de uso sustentable de hongos

a) Desarrollos tecnológicos

Los métodos de producción de hongos entomopatógenos (Figura 2) varían considerablemente, muchos están basados en fermentaciones sobre sustrato sólido con granos de cereales, donde el arroz es el más utilizado, otros usan sustratos no nutritivos como gránulos de arcilla. Algunos producen conidios aéreos en la superficie de cultivos líquidos estáticos. Otras tecnologías se desarrollan en tanques de fermentación para obtener productos a base de micelio, blastosporas o conidios sumergidos.

1.-Cultivos difásicos. Se desarrolla el inóculo primero en cultivo líquido agitado (de forma rápida) o líquido estático (más lento) y luego se pasa al soporte sólido. En los sistemas difásicos siempre se debe optimizar el cultivo de la fase líquida para que promueva un rápido crecimiento del aislado. Es el más usado a nivel mundial para obtener estructuras infectivas de alta calidad en corto tiempo, cuando la fase líquida se hace por cultivo líquido agitado. En sistemas semiartesanales la producción es a baja escala y con poca tecnología.

2.- Cultivos sobre soporte sólido. El microorganismo se desarrolla en la superficie húmeda de un material sólido, el cual generalmente es algún grano de cereal procesado, aunque se han realizado intentos para utilizar materiales de desecho. Esto permite al hongo crecer en condiciones similares a las encontradas en la naturaleza; las esporas y los propágulos infectivos mediante los cuales el hongo sobrevive e infecta insectos son producidas en el aire. Aunque la fermentación sólida es relativamente fácil de desarrollar en pequeña escala, el escalamiento de las mismas a las proporciones necesarias para productos comerciales es difícil; sin embargo, se obtienen estructuras infectivas de alta calidad a concentraciones altas (Tavorsky, 1992).

3-Fermentación líquida. Tiene un grado de automatización en el proceso, que puede ser muy alto, es muy rápida, pero una desventaja que presenta es que muchos aislados tienden a crecer como pellets miceliales discretos y/o forman abundantes blastosporas (esporas propagadas por gemación a partir de fragmentos de micelio originalmente). Sin embargo, en estos sistemas se logra un óptimo aprovechamiento de los nutrientes y se pueden escalar hasta niveles industriales.

4.-Cultivos líquidos estáticos. Constituyen una forma de producción que requiere menos equipamiento y la realización de muchas operaciones manuales, pero se obtienen estructuras infectivas de alta calidad a concentraciones bajas y solamente hay formación de estructuras deseadas en la interfase líquido-gaseosa.

b) Producción artesanal

En los sistemas artesanales (Figura 2) para la producción de hongos se aplican los pasos siguientes:

Aislamiento de hongos con características deseadas como agentes de biocontrol,

conservados previamente y cultivados en varias ocasiones. Los inóculos pueden desarrollarse sobre sustratos sólidos (grano de arroz, o de trigo, cáscara de trigo, o de arroz, harina de maíz, etc.) incluyendo los medios en agar o por cultivos líquido-estático o agitado (compuestos por combinaciones de materias primas carbonadas y nitrogenadas como melaza de caña de azúcar, licor de maíz, almidón de maíz, sacarosa, extracto de levadura de cerveza, siendo el objetivo fundamental la obtención de una biomasa homogénea). La relación carbono (C): Nitrógeno (N) es esencial y de este balance en lo fundamental dependerá el que se logre la formación de los propágulos deseados. En los hongos, se necesita que la fuente de C esté en exceso en el medio y el contenido de N sea el factor limitante del crecimiento, lo que desencadena la formación de esporas. Los inóculos se preparan a partir de subcultivos de preinóculos a una concentración final en el sustrato inoculado de 10^5 - 10^7 propágulos/g. La elección de los sustratos sobre los que se realizará la inoculación, previa esterilización, dependerá de la disponibilidad local y costo de estos, así como de las características del aislado a reproducir. Se han usado cereales como agentes nutritivos (arroz, trigo, cáscara de trigo, cáscara de arroz y maíz) y como agentes inertes de soporte la vermiculita o gránulos de minerales arcillosos.

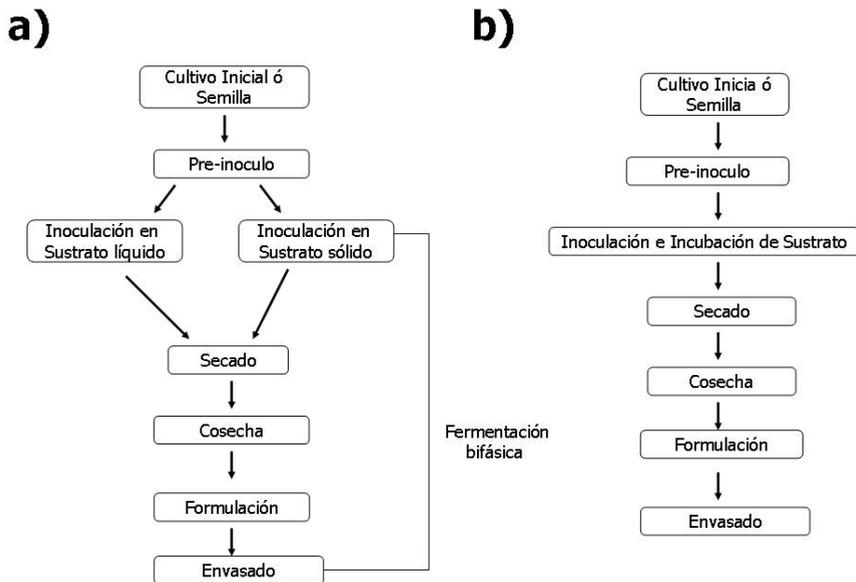


Figura 2. Sistemas de producción de hongos entomopatógenos; a) Tecnificada, b) Artesanal.

El sustrato puede ser humedecido, previa esterilización o previa inoculación dependiendo del tipo de materia prima o combinación de éstas. Un exceso de humedad provoca baja disponibilidad de oxígeno y por ende pobre desarrollo del microorganismo, además compacta el sustrato impidiendo una colonización total de su superficie. Por otro lado, una baja humedad inhibe el desarrollo del microorganismo al no disponer de la cantidad de nutrientes en solución para su uso, además de la baja resistencia a la desecación que tienen los hongos en el periodo activo de crecimiento micelial. Durante la incubación del hongo se debe regular el régimen luz-oscuridad; la luz es estimulante en determinadas especies y aislados por lo que este parámetro es ajustable. Cuando se obtiene la biomasa conidial óptima sobre toda la superficie del sustrato, esta se pasa al proceso de secado para que los conidios permanezcan viables en almacenamiento por mayor tiempo. Este proceso se optimiza con deshumidificadores, aires acondicionados o acelerando la ventilación con ventiladores, lo que depende de las condiciones locales. Posterior al secado y previo al paso final de envasado en el flujo de producción se realiza la cosecha; es en este momento que comienza la etapa de formulación donde se prepara una combinación de ingredientes de forma que el principio activo (esporas) se mantenga estable, efectivo y fácil de aplicar. Durante todo el proceso la regulación de la temperatura ambiental es esencial, la que debe ser lo más próxima posible a la temperatura óptima de desarrollo del microorganismo.

CONCLUSIONES

Los granos almacenados constituyen un agroecosistema complejo donde las posibilidades de uso de los hongos entomopatógenos ha sido documentada en este trabajo, destacando el uso de aislamientos de *B. bassiana* y *M. anisopliae* que bajo condiciones permisibles de humedad y temperatura son efectivos para el control de las principales plagas mencionadas. Sin embargo, algunos otros factores como la dosificación y la presencia de algunos agentes sinérgicos pueden incrementar el efecto insecticida. Por otro lado, son dos las posibilidades de producción y uso de estos insumos en el manejo sustentable de silos y almacenes de granos con estos hongos; utilizando procedimientos tecnológicos de alto costo, generando así la oportunidad a la industria de desarrollar bioplaguicidas para este fin; esto requiere de un alto grado de automatización (fermentación líquida), lo que reduce costos de mano de obra y permite un control eficiente del proceso de producción, donde se obtiene además biomasa de alto valor infectivo y más resistente a condiciones ambientales adversas. En estos sistemas también se logra un óptimo aprovechamiento de los nutrientes pero la inversión de capital inicial es muy alta. Para los países no tecnificados esta tecnología presenta menos posibilidades de aplicación debido a las dificultades económicas, No obstante, la producción artesanal de hongos permite producciones a baja escala a menor costo, este procedimiento es adecuado para su uso en unidades de producción rural cuyo material obtenido se puede usar para la protección de sus semillas. La disponibilidad de mano de obra barata y un mercado regional hace a estos sistemas (baja tecnología) viables económicamente, a pesar de requerir muchas operaciones manuales, por lo que desde el punto de vista económico es una buena opción para el pequeño agricultor ya que produce sus insumos con poca tecnología y sus productos resultan efectivos para varias de las especies que atacan a los granos almacenados consignadas en esta revisión.

BIBLIOGRAFÍA

- Adane K, Moore D y Archer S A. 1996. **Preliminary studies on the use of *Beauveria bassiana* to control *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) in the laboratory.** Journal of Stored Product Research 32: 105–113.
- Larrain.P. 1994. Manejo Integrado de plagas en granos almacenados. IPA La Platina 81:10-16.
- Athanassiou, C.G., Kavallieratos, N.G., Vayias, B.J., Tsakiri, J.B., Mikeli, N.H., Meletsis, C.M., Tomanović, Ž., 2008. **Persistence and efficacy of *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin (Deuteromycotina: Hyphomycetes) and diatomaceous earth against *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) and *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrychidae) on wheat and maize.** Crop Protection. 27: 1303-1311.
- Badii, M. H. 2004. **Sustentabilidad: fundamentos, perspectivas y limitaciones.** InnOvaciOnes de NegOciOs, 1(2): 199-227.
- Badii, M.H. y I. Ruvalcaba. 2006. **Fragmentación del hábitat: el primer jinete de Apocalipsis.** Calidad Ambiental, XI(2): 8-13.
- Badii, M.H. y J. L. Abreu. 2006a. **Sustentabilidad.** Deana, 1(1): 21-36.
- Badii, M.H. y J. L. Abreu. 2006b. **Metapoblación, conservación de recursos y sustentabilidad.** Deana, 1(1): 37-51.
- Badii, M.H., J. Castillo y A. Wong. 2005. **Towards sustainability in urban areas.** Innovaciones de Negocios, 2(2): 179-200.
- Batta, Y.A. 2004. **Control of rice weevil (*Sitophilus oryzae* L., Coleoptera: Curculionidae) with various formulations of *Metarhizium anisopliae*.** Crop Protection. 23: 103-108.
- Campanela, C.E y Diaz, E. A. 1978. **Almacenaje y conservación de granos.** – Información Agropecuaria, Buenos Aires, 2, 18-21.
- Castillo, P.; Acosta, N.; Y Ciliezar, A. 1995. **Control microbiológico de plagas artrópodos.** In: Manual para la enseñanza del control biológico en América Latina. DPV-EAP No. 622. Honduras: Zamorano, p.51-72.
- Donald, W. R., J. R. Fuxa, R. Gaugler, M. Goettel, R. Jaques y J. Maddox. 1991. **Use of pathogens in insect control, pp: 243-278.** In: Pimentel (ed.). Handbook of pest management in agriculture. 2nd ed., Vol. 2. CRC Press, Boca Raton, Fl. pp. 243-278.
- Fuxa, J. R. 1987. **Ecological considerations for the use of entomopathogens in IPM.** Ann. Rev. Entomol. 32: 225-251.

- Gaviria, G.L.F.; Fernández, V.S.; Gaviria, M.J.; De La Cruz, J. y Delgado, R.C.H. 1997. **Evaluación de tres cepas de *Metarhizium anisopliae* (Metchnikoff) Sorokin, para el control de *Perkinsiella saccharicida* (Kirkaldy) (Homoptera: Delphacidae) en el Valle geográfico del río Cauca.** En: Resúmenes del XXIV Congreso Sociedad Colombiana de Entomología. Pereira: Socolen, p.8.
- Kavallieratos, N.G., Athanassiou, C.G., Michalaki, M.P., Batta, Y.A., Rigatos, H.A., Pashalidou, F.G., Balotis, G.N., Tomanović, Ž, Vayias, B.J. 2006. **Effect of the combined use of *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin and the diatomaceous earth for the control of three stored-product beetle species.** Crop Protection. 25: 1087-1094.
- Khan A. R. y Selman, B. J. 1989. **Nosema spp. (Microspora: Microsporida: Noesematidae) of stored product Coleoptera and their potential as microbial control agents.** Agricultural Zoology Reviews 3: 193–223.
- Larraín P. 1994. **Manejo integrado de plagas en granos almacenados.** Investigación y Progreso Agropecuario, La Platina v. 81, p.10-16.
- Marsans, G. J.- 1987. **Manejo y conservación de granos.** Ed. *Hemisferio Sur*, Buenos Aires, 266 PP.
- Moino, A. S.B. Alves. 1995. **Bioensaios com *Beauveria bassiana* (BALS) Vuill para controle de pragas de graos armazenados.** Revista de Agricultura 70(3):248.
- Moino, A. S.B. Alves. 1998. **Efeito de *Beauveria bassiana* sobre o desenvolvimento de *Sitophilus zeamais*.** Revista manejo Integrado de Plagas 50:51-54.
- Padin, S, Bello G D and Fabrizio M. 2002. **Grain loss caused by *Tribolium castaneum*, *Sitophilus oryzae* and *Acanthoscelides obtectus* in stored durum wheat and beans treated with *Beauveria bassiana*.** Journal of Stored Product Research 38: 69–74.
- Padin, S. B., Dal Bello, G. M. y Vasicek, A. L.- 1995. **Potencial bioinsecticida de hongos entomopatógenos de plagas en granos almacenados.** -- Rev. Fac. Agronomía UBA, 15, 1-7.
- Ramayo,L. 1983. **Tecnología de granos.** Departamento de industrias agrícolas. Universidad Autonoma Chapingo. Chapingo. México. 216p.
- Ramayo,L. 1983. **Tecnología de granos.** Departamento de indutrias agrícolas. Universidad Autonoma Chapingo. Chapingo. México. 216p.
- Serna,S. 1996. **Química, almacenamiento e industrialización de los cereales.** AGT Editores. México. 521p.

- Taborsky, V. 1992. **Small-Scale Processing of Microbial Pesticidas**. Boletín de Servicios Agrícolas No. 96. Praga, República Checa.
- White, N. 1995. **Insects, mites and insecticides in stored grain ecosystems**. *In*: D. Jayas, N. White, and W. Muir (eds.) *Stored grain ecosystems*. Marcel Dekker, New York, USA. p. 123-168.
- White, N., and J. Leesch. 1996. **Chemical control. p. 287-330. In B. Subramanyam, and D. Hagstrum (eds.) Integrated management of insects in stored products**. Marcel Dekker, New York, USA.

Cipriano García Gutiérrez

Doctorado en Ciencias (especialidad en Ingeniería y Biotecnología) Instituto Tecnológico de Durango. Maestría en Ciencias con Especialidad en Entomología y Acarología Colegio de Postgraduados. Biólogo en Escuela Nacional de Ciencias Biológicas I.P.N. Profesor Investigador del departamento Agropecuario CIIDIR-IPN Unidad Sinaloa. **Miembro del Sistema Nacional de Investigadores (SIN Nivel II)**.

Cuerpo Académico



Unidad Sinaloa

Área de Bioinsecticidas
Departamento Agropecuario
CIIDIR IPN Unidad Sinaloa

Ninfa María Rosas García

Doctorado en Ciencias con especialidad en Biotecnología por la Universidad Autónoma de Nuevo León. Maestría en Ciencia con especialidad en Microbiología por la Universidad Autónoma de Nuevo León. Químico Bacteriólogo Parasitólogo por la Universidad Autónoma de Nuevo León. Profesora titular del Laboratorio de Biotecnología Ambiental del Centro de Biotecnología Genómica del Instituto Politécnico Nacional. **Miembro del Sistema Nacional de Investigadores (SNI) CONACYT-México.**



Laboratorio de Biotecnología Ambiental.
Centro de Biotecnología Genómica. Instituto Politécnico Nacional

Rey David Ruelas Ayala

Estudiante de Doctorado en Ciencias en Desarrollo Sustentable de Recursos Naturales por la Universidad Autónoma Indígena de México. Maestría en Recursos Naturales y Medio Ambiente por el CIIDIR-IPN UNIDAD SINALOA. Ingeniero Bioquímico con especialidad en Alimentos por el Instituto Tecnológico de los Mochis. Profesor en el Departamento Académico de Ciencias Biológicas de la Universidad de Occidente Unidad Guasave.



**UNIVERSIDAD DE
OCCIDENTE**

Departamento Académico de Ciencias Biológicas
Universidad de Occidente Unidad Guasave.

**LA MOSCA DE LOS ESTIGMAS [*Chaetopsis massyla* (Walker),
Eumecosomyia nubila (Wiedemann) y *Euxesta stigmatias* (Loew)]
EN MAÍZ; BIOECOLOGÍA Y MANEJO**

Edgardo Cortez Mondaca
José Lorenzo Meza García
Jesús Ricardo Camacho Báez

INTRODUCCIÓN

Las plagas del maíz (*Zea mays* L.) (Cyperales: Poaceae) en México y específicamente en el estado de Sinaloa, son estimuladas principalmente por la presencia abundante y permanente del cultivo, el cual en las seis últimas temporadas se han establecido en superficies superiores a las 400 mil ha y en la temporada 2007/2008, en un poco más de 500 mil ha (SIAP-SAGARPA, 2008); por otro lado, una cantidad enorme de alimento y refugio que los insectos plaga de éste cultivo aprovechan para aumentar su población. Aunado a lo anterior, el uso generalizado de insecticidas elimina a muchas especies de insectos benéficos que en condiciones naturales regulan las poblaciones de diferentes insectos plaga, propiciando de paso que otras especies nocivas se incrementen. Una de ellas es la mosca de los estigmas que comprende un complejo de tres especies *Chaetopsis massyla* (Walker) *Eumecosomyia nubila* (Wiedemann) y *Euxesta stigmatias* (Loew) (Larsen, 2009; comunicación personal¹). La mosca de los estigmas (cornsilk fly, por su nombre en inglés), como en lo sucesivo se utilizará, también es conocida como mosquita pinta (Pacheco, 1985), no obstante, este último nombre común también es asignado para otro insecto plaga *Aeneolamia albofasciata* (Lallemand) y *A. contigua* (Walker) un Cercopidae (Hemiptera) plaga de caña de azúcar *Saccharum officinarum* L., arroz *Oryza sativa* L., maíz, zacate buffel *Cenchrus ciliaris* (L.) y otras especies de pastos forrajeros y arvenses (CABI, 2005), aunque también a estas especies se les conoce como “salivazo” muy común en climas húmedos. Por lo tanto, los autores proponen generalizar el nombre de mosca de los estigmas, el cual además hace referencia al hábito de este complejo de insectos, por ovipositar en los estigmas de las fructificaciones del maíz, como más adelante se señala a detalle.

¹Nicholas A. Larsen. Científico en Biología. Universidad de Florida-Centro de Educación e Investigación Everglades. 3200 E. Palm Beach Rd Belle Glade, FL 33430. larsnick@ufl.edu.

La mosca de los estigmas es una plaga del maíz reportada en el noroeste de México desde hace muchos años (Pacheco, 1985), aunque como plaga indirecta, desde el punto de vista, de que se alimenta del excremento del gusano elotero *Helicoverpa zea* (Boddie) (Lepidóptera: Noctuidae) y por consecuencia daña los granos tiernos (Pacheco, 1985). Sin embargo, en los últimos años, este insecto ha adquirido una creciente importancia como plaga de daño directo (Cortez, 2008). Es decir, destruye el grano de maíz para alimentarse, sobretudo en temporada primavera-verano, probablemente porque en dicho período las condiciones climáticas le son más favorables.

En las últimas temporadas de maíz, los productores han empezado a realizar aplicaciones de insecticidas para el control de esta plaga, lo que generalmente es de muy poca utilidad pues las realizan cuando observan el daño, para entonces es prácticamente imposible matar al insecto, básicamente porque se encuentra protegido dentro del elote o mazorca, y porque las aspersiones de insecticidas cuando el cultivo está en esa etapa de desarrollo (formación de grano) tienen muy poco cubrimiento; en esos momentos, lo que se puede conseguir con esas aplicaciones de insecticidas es matar los adultos presentes.

Por otra parte, el daño mencionado, no es el único efecto indeseable en el cultivo del maíz, ya que en muchas ocasiones este se presenta asociado con pudriciones de grano por la presencia de algún tipo de patógeno (posiblemente del género *Fusarium*), en ocasiones en áreas muy grandes de la mazorca, más allá de los granos dañados directamente por las larvas de la mosca de los estigmas.

Existe muy poca información nacional y regional sobre la mosca de los estigmas, debido a que los trabajos de investigación son muy pocos y apenas se empiezan a generalizar en años recientes; no obstante, con el presente documento se busca dar a conocer la información local, así como la recopilada en otras partes del mundo, en donde estas especies son plagas de importancia económica, con el propósito de proporcionar información que ayude a los productores y asesores técnicos del cultivo del maíz a tomar criterios de decisión para el manejo de esta plaga, así como motivar la realización de un mayor número de estudios sobre el insecto.

Estatus de la plaga

La mosca de los estigmas se está erigiendo como una plaga de importancia económica principal en maíz en el estado de Sinaloa, especialmente en cultivos establecidos en el subciclo agrícola P-V (Cortez y Macías, 2006), sólo después del gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidóptera: Noctuidae). El combate deliberado de este insecto plaga recientemente se ha empezado a generalizar, mediante aspersiones de insecticidas de contacto y de amplio espectro, pero con poco éxito, pues las aplicaciones se realizan cuando se observa el daño de las larvas en los elotes y estas se encuentran protegidas por las hojas que lo cubren como se menciona anteriormente, e incluso se localizan en la base o dentro de los granos atacados. Por otra parte, la cobertura que se logra con aspersiones de insecticidas deja mucho que desear, de cualquier forma, aunque con estas aplicaciones se logrará matar el 100% de los adultos presentes, el estado de desarrollo dañino para el cultivo en ese momento, no puede ser controlado con insecticidas. El maíz dulce es preferido por la mosca de los estigmas (Seal *et al.*, 1996; Scully *et al.*, 2002), por encima del maíz blanco.

Descripción, ciclo de vida y comportamiento

Los adultos de la mosca de los estigmas, miden cerca de 0.5 cm de longitud; como sucede con muchos insectos, la hembra es de mayor tamaño que el macho; son de color verde oscuro y brillo metálico, con ojos color café-rojizos (Nuessly *et al.*, 1999; Nuessly y Capinera, 2006). La principal diferencia entre las especies detectadas en la región, es por el patrón de coloración de las alas: *C. massyla*, presenta tres bandas oscuras transversales en las alas (Fig. 1) y patas amarillas, a nivel de especie se diferencian de otras del mismo género por presentar en el segmento distal de la antena el margen superior ligeramente cóncavo y muy aguzado en el extremo dorsal (Fig. 2). *E. nubila*, posee alas con dos grandes manchas ligeramente oscuras, en la parte apical y anal, esta última sin alcanzar la parte del margen superior (costal) y en la parte media queda un área clara (Fig. 3); las alas de *E. nubila*, al parecer son ligeramente de mayor longitud que las de *C. massyla*. *E. stigmatias*, posee alas con cuatro manchas transversales (Fig. 4), a nivel de especie se caracteriza por tener los bordes de la tercera banda transparente no definidos, contando del extremo basal al apical, y el margen inferior (anal-cubital) borroso, no delineado. Las hembras se tienen la parte apical del abdomen más agudo, en forma de trapecio, mientras que los machos presentan el último segmento redondeado.



Figura 1. Adulto de *C. massyla*.



Figura 2. Cabeza de *C. massyla* mostrando la característica de la especie.

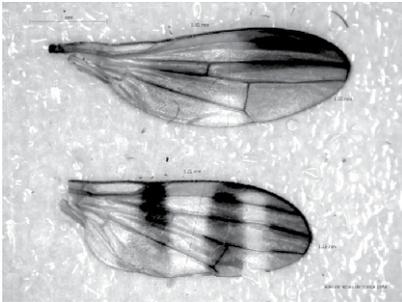


Figura 3. Arriba ala de *E. nubila*,
abajo a la de *C. massyla*.

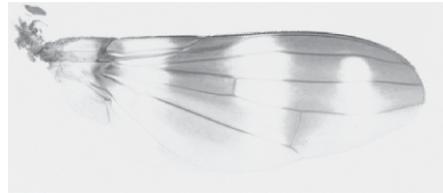


Figura 4. Ala de *E. stigmatias*.

Las moscas adultos se alimentan de polen, néctar, exudados y savia de las plantas, también beben agua de rocío y de depresiones en donde se acumula agua. Las moscas mueven las alas y caminan en patrones específicos en respuesta a la presencia de otros adultos de su especie, pero en otras ocasiones también caminan individualmente sobre el follaje de las plantas. Frecuentemente los adultos son observados en las partes soleadas, pero rápidamente se internan a partes sombreadas cuando la luz del día se incrementa. La cópula ocurre principalmente al amanecer o al ponerse el sol (Nuessly y Capinera, 2006).



Figura 5. Hembra adulta *Euxesta* sp.



Figura 6. Macho adulto de *Euxesta* sp.

Los huevecillos de las moscas de los estigmas y específicamente de *E. stigmatias*, son pequeños, de menos de 2.0 mm de largo, de color blanco y alargados (Fig. 7). Son depositados en los canales de los estigmas, al final de estos, cerca del ápice del jilote; próximos a los orificios de entrada originados por larvas de gusano elotero o de gusano cogollero en el totomoxtle. Eclosionan entre dos y cuatro días después de ovipositados (Hentz y Nuessly, 2004; Nuessly y Capinera, 2006).

Las larvas son de color blanco-amarillento, elongadas y de forma cilíndrica, tienen forma de cuña, la parte apical es más ancha que la parte posterior; la cabeza esta equipada con ganchos bucales de color negro (Fig. 8). En su máximo desarrollo llegan a medir alrededor de 0.6 cm de longitud. Pasan por tres estadios en aproximadamente dos semanas. Cuando la salida del elote o mazorca no esta obstruida por los estigmas secos, generalmente se dejan caer para pupar en el suelo a una profundidad de 2.0 cm o menos (Hentz y Nuessly, 2004; Nuessly y Capinera, 2006), pero ocasionalmente se pueden encontrar en la parte dañada del elote, debajo de las hojas que envuelven la mazorca (CEVAF, 2003).

La pupa es elongada y cilíndrica, con un extremo más redondeado y con una especie de protuberancia de color café oscuro, el resto del cuerpo es de color amarillento al principio, luego se torna rojizo brillante y finalmente café oscuro; en el otro extremo presentan dos pequeños apéndices. Miden alrededor de 4.0 mm de largo por 1.4 mm de diámetro. *E. stigmatias* completa su desarrollo pupal en ocho a 11 días (Hentz y Nuessly, 2004; Nuessly y Capinera, 2006).



Figura 7. Huevecillos de *E. stigmatias*.



Figura 8. Larvas de mosca de los estigmas.



Figura 9. Pupas de mosca de los estigmas.

En Florida, EEUU, *E. stigmatias* completa su desarrollo biológico de huevecillo a adulto en 24 a 27 días en maíz dulce y el adulto puede tener una longevidad promedio de 116 días cuando cuenta con alimento y agua. Por lo tanto, en un año se pueden tener muchas generaciones del insecto (Nuessly y caminera, 2006). Se desconoce el ciclo de vida *C. massyla* y *E. nubila*. En las condiciones del estado de Sinaloa y en maíz blanco, el ciclo de vida y la longevidad del adulto de *E. stigmatias* puede diferir al reportado en Florida.

Clasificación Taxonómica

A continuación se presenta la ubicación taxonómica de las especies de moscas de los estigmas presentes en maíz en Sinaloa (ITIS, 2009)

Reino: Animal

Phylum: *Arthropoda*

Subphylum: *Hexapoda*

Clase: *Insecta*

Subclase: Pterygota

Orden: *Díptera*

Suborder: *Brachycera*

Familia: *Otitidae*

Subfamilia: *Ulidiinae*

Género: *Chaetopsis*

Especie: *massyla*

Nombre científico: *Chaetopsis massyla* (Walker, 1849)

Género: *Eumecosomyia*

Especie: *nubila*

Nombre científico: *Eumecosomyia nubila* (Wiedemann, 1830)

Género: *Euxesta*

Espécie: *stigmatias*

Nombre científico: *Euxesta stigmatias* (Loew 1868)

Distribución

C. massyla esta presente en todos los estados de la Unión Americana (Goyal *et al.*, 2008). En muestreos previos se ha encontrado en el estado de Sinaloa, México, pero se desconoce su distribución en el ámbito nacional; y posiblemente este en otros países en que se reporta a *E. nubila* y *E. stigmatias*. Por su parte *E. nubila* se encuentra en USA, Cuba, Haití, Dominica, México, Guatemala, Nicaragua (Steyskal, 1968; Huis, 1981; Maes y Téllez Robleto, 1988), Costa Rica, Trinidad, Venezuela, Perú, Brasil y Paraguay. *E. stigmatias* se encuentra en áreas tropicales y subtropicales del hemisferio Oeste; a través de las islas del Caribe, México, Centro y Sur América, Bolivia y Paraguay, y en Florida. Históricamente ha sido una plaga solo en el extremo sur de Florida, EEUU, Puerto Rico y en las Islas Vírgenes. Sin embargo, en años recientes la mosca de

los estigmas se ha convertido en una seria plaga en el sur y el centro de Florida, con esporádicos reportes en Georgia y Texas. (Branco *et al.*, 1994; Painter 1955; Steyskal 1974).

Plantas Hospederas

Larvas y adultos se alimentan de una amplia variedad de plantas, incluyendo papa, tomate, maíz, sorgo y caña de azúcar, así como frutales de naranja y guayaba, entre otros. Sin embargo, el maíz, principalmente el “dulce”, es el cultivo más preferido y el único en el que la literatura reporta daño de importancia económica (Seal *et al.*, 1996; Scully *et al.*, 2002; Nuessly y Capinera, 2006). A la vez, el maíz amarillo es más preferido y dañado por la mosca que el maíz blanco (Cortez, 2008).

Daño

Las moscas depositan masas de huevecillos en los canales de los estigmas que emergen de los jilotes, al final de estos, cerca del ápice del jilote; próximos a los orificios de entrada originados por larvas de gusano elotero o de gusano cogollero en el totomoxtle. Las larvas recién emergidas inician alimentarse en la base de los estigmas que con el daño se tornan de color café bronceado y después las larvas penetran el pericarpio, y se alimentan el endospermo del grano en desarrollo (Fig. 10). Al alimentarse de la punta del elote provocan áreas sin grano; en ocasiones el daño del insecto se puede encontrar en diferentes partes de la longitud de la mazorca y en áreas aisladas (Fig. 11). El daño de la mosca de los estigmas propicia la presencia de hongos que pudren los granos afectados (Fig. 12) principalmente en la fecha de siembra primavera-verano (de febrero a marzo) (Cortez y Macías, 2006). Las larvas también se les pueden encontrar alimentándose en las espigas del maíz (Fig. 13).



Figura 10. Larva de mosca de los estigmas en la parte apical de un elote.



Figura 11. Daño de mosca de los estigmas en parte media de la mazorca.



Figura 12. Mazorca con daño generalizado de mosca de los estigmas y pudrición de grano.



Figura 13. Larva de mosca de los estigmas en espiga de maíz.

En Florida, infestaciones severas de larvas de la mosca en maíz dulce, pueden provocar que todos los estigmas sean cortados. Las larvas se pueden localizar en cualquier parte del elote y la reducción en rendimiento puede ser hasta de 100%, cuando se presentan niveles de daño altos al inicio de la temporada (Seal y Jansson 1989, Seal *et al.*, 1996), aun cuando se utilicen insecticidas. Cuando el elote se comercializa en fresco, infestaciones de mosca de los estigmas mayores a 30% usualmente originan que el producto sea rechazado (Nuessly y Capinera, 2006).

En 36 híbridos de maíz blanco inspeccionados, DAS-2301, Bisonte, DK-2022, DK-2020, DAS-2A120, Puma y Bengala, entre otros poco utilizados comercialmente, mostraron áreas dañadas de grano de 4.0 a 5.5 cm² significativamente mayores que en otros híbridos inspeccionados ($P < 0.05$). Coincidentemente, DAS-2301, Bisonte, DK-2022, DK-2020, Puma y Bengala,

presentaron la mayor cantidad de moscas de los estigmas adultos presentes en las plantas ($P < 0.05$), entre cuatro y 6.4 adultos en parcelas de 5.0 m². En contraparte, algunos híbridos mostraron una reducida área de grano dañado (< 2.0 cm²), entre ellos Pioneer-30F32, H-431, Bengala-Y, Ceres-Fuego XR, Pioneer-30F35, Ceres-XR-45; entre los híbridos con menor cantidad de adultos (3 o menos/5.0 m²) sobresalieron Ceres-verano XR, H-431, Pioneer-30F32, Bengala-Y, Ceres-Tornado y Ceres-Fuego XR. Cabe señalar, que los híbridos DK-2022 y Bisonte a pesar de haber registrado daño elevado de la mosca de los estigmas, mostraron altos rendimientos de grano ($P < 0.05$), mientras que Ceres-XR-45, Pioneer-30F32 y Bengala-Y con menor daño de plaga también mostraron rendimientos altos (Cortez *et al.*, 2008). Scully *et al.* (2000) determinaron que cultivares de maíz con alto contenido de “maysin”, un repelente natural de insectos plaga presente en los estigmas, confiere al maíz algún grado de resistencia a esta plaga, probablemente relacionada con el mecanismo de no preferencia (Kogan 1990), así como brácteas bien cerradas en los elotes, que restringen la introducción de algunos insectos como el gusano elotero que propicia la presencia de la mosca de los estigmas.

Medidas de control

En las últimas temporadas agrícolas se ha empezado a generalizar el control químico contra mosca de los estigmas, especialmente en el subciclo P-V, sin embargo, las aspersiones se hacen cuando el daño del insecto ya está presente, cuando las larvas se encuentran protegidas dentro del elote.

Las tácticas de manejo no han sido desarrolladas aún en la región, no obstante, se sabe que la medida de mayor relevancia para evitar el daño de la mosca de los estigmas es establecer el cultivo en la fecha de siembra recomendada por la SAGARPA en otoño-invierno, cuando los factores abióticos como el clima y los bióticos, como los enemigos naturales, se combinan para regular la presencia de la plaga por debajo de niveles en los que causa daño severo; en siembras de P-V es importante sembrar lo más temprano posible, en febrero (CEVAF, 2003). En maíz dulce y amarillo, el daño es más significativo y se requiere reducir las poblaciones de la mosca, realizando un control estricto de gusano elotero (Pacheco, 1985).

El muestreo de adultos, debe efectuarse antes de que inicie el espigamiento del cultivo. Las moscas pueden observarse con relativa facilidad descansando en el

follaje y posteriormente copulando en las espigas, temprano por la mañana y por la tarde antes de oscurecer. Durante la producción de estigmas, se recomienda inspeccionar los canales en la punta de los elotes para detectar huevecillos.

Debido a que la fase de inmaduro el insecto lo pasa protegido debajo del “totomoxtle”, la etapa de adulto se considera la única susceptible de ser controlada con insecticidas; por lo tanto, la oportunidad de la aplicación del control químico y la selección del insecticida a utilizar es crítica para reducir el daño de la plaga. Los campos infestados con la mosca de los estigmas deben ser asperjados con insecticidas efectivos para reducir la población antes de que los estigmas emerjan del jilote. A pesar de esto, los adultos se reintroducen rápidamente a los campo tratados con insecticida desde los cultivos y plantas adyacentes (Nuessly y Webb 2007; Nuessly y Capinera, 2006). En el sur de Florida, EEUU, los insecticidas organofosforados (clorpirifos, malation, dimetoato, etcétera) y piretroides (cyflutrina, cyalotrina, permetrina, etcétera) se consideran los más efectivos para matar mosca de los estigmas (Nuessly y Hentz, 2004); aunque algunos fosforados como el paratión metílico, matan menos de 24% de adultos después de 24 horas de aplicado (por su reducida residualidad). Por otro lado, reportan un efecto subletal del piretroide cyflutrina que afecta el vigor de la mosca de los estigmas sobre 70% de adultos expuestos a residuos más allá de cinco días después de asperjado. Si bien los resultados de Cortez *et al.*, (2008), son de una sola temporada y no se ha realizado un estudio específico para determinar el umbral de daño con base a la incidencia de adultos, ayudan a definir un criterio de decisión aproximado, ya que cuatro o más adultos provocaron daños de grano en áreas de 4.0 a 5.5 cm².

Las compañías productoras de semilla de maíz generan constantemente nuevos híbridos de maíz, por lo que sugerir la siembra de materiales con poco daño y apropiado rendimiento, antes señalados, (Cortez *et al.*, 2008) es una medida a muy corto plazo. Es necesario promover en la medida de lo posible, que las compañías “semilleros” produzcan cultivares con elevadas concentraciones de maysin en los estigmas, el cual provee resistencia contra mosca de los estigmas, gusano elotero, conchuela café *Euschistus servus* (Say) y chinche verde apestosa *Nezara viridula* (L.) (Hemiptera: Pentatomidae), y carbón común o huitlacoche *Ustilago maydis* (DC.) Corda (Lee *et al.*, 1998; Scully *et al.*, 2000; Xinzhi *et al.*, 2008).

El único enemigo natural reportado en la literatura para *E. stigmatias* y posiblemente también depredador de *C. massyla* y *E. nubila*, es la chinche pirata *Orius* sp. (Hemiptera: Anthocoridae) que se alimenta de los huevecillos (CABI, 2005). Seguramente en las condiciones del período de siembra recomendado en otoño invierno (O-I) este depredador es uno de los componentes que ayudan a regular las poblaciones de esta plaga, pues es posible observar numerosas chinches en las barbas formadas por los estigmas. Recientemente, Camacho (2008, comunicación personal²) detectó especímenes parasitoides emergidos de pupas de mosca de los estigmas especie no determinada, la avispa resultó ser *Spalangia* sp. (Hymenoptera: Pteromalidae), género del cual existen reconocidas especies parasitoides de mosca doméstica *Musca domestica* L., y mosca de los establos *Stomoxys calcitrans*(L.) (Diptera: Muscidae) (CABI, 2005; Inciso y Castro, 2007; Lecuona *et al.*, 2007). Este hallazgo abre una posibilidad para el control biológico de la mosca de los estigmas en maíz. Aunque *Spalangia* es un parasitoide de pupas, se puede utilizar para control biológico por aumento de la mosca de los estigmas en cultivos de O-I e impactar generacionalmente la población del insecto plaga, para que en P-V su presencia sea reducida, sin embargo, entre varios estudios que precederían al eventual empleo de este agente de control biológico, estaría el definir que especie o especies de mosca de los estigmas presentes en el Norte de Sinaloa en maíz, es la que parasita.

CONCLUSIONES

La mosca de los estigmas en maíz en el norte de Sinaloa es un complejo de tres especies de Otitidae: *Chaetopsis massyla* (Walker) *Eumecosomyia nubila* Wiedemann y *Euxesta stigmatias* Loew, que dañan los granos de maíz al alimentarse en forma directa o indirecta al consumir el excremento de gusano elotero, en áreas compactas hasta de 5.5 cm² y muestran preferencia por determinados híbridos de maíz, principalmente en siembras de maíz de P-V, aunque el daño puede observarse en cualquier parte del elote; el daño de la mosca de los estigmas también esta asociado a la pudrición parcial y a veces casi completa de mazorcas. Actualmente existen híbridos de maíz como Ceres-XR-45, Pioneer-30F32 y Bengala-Y, con reducido daño de mosca de los estigmas y elevado rendimiento. El control oportuno de la plaga debe realizarse con base a la presencia de adultos presentes en el cultivo al momento del espigamiento y/o

²M.C. Jesús Ricardo Camacho. Profesor-Investigador. CIIDIR-IPN Unidad Sinaloa, Guasave, Sinaloa CP 8100. Km. 01, Carretera Guasave-Las Glorias, Guasave, Sinaloa, México. jbaez@ipn.mx

generación de estigmas, utilizando insecticidas adulticidas con poder residual. Existen enemigos naturales de mosca de los estigmas el depredador *Orius* sp. conocido vulgarmente como chinche pirata y el parasitoide *Spalangia* sp., que eventualmente podría significar una estrategia de control biológico de la plaga.

La presente información puede ser de utilidad para que productores y asesores técnicos del cultivo del maíz tomen criterios de decisión para el manejo de esta plaga, así como para motivar la ejecución de un mayor número de estudios del insecto.

BIBLIOGRAFÍA

- Branco MC, Villas Boas GL, Reifschneider FJB, Cruz I. 1994. **Evaluation of resistance to *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae)(Boddie) and *Euxesta* sp. (Diptera: Otitidae) in lines of sweet corn.** Anais da Sociedade Entomologica do Brasil 23: 137-140.
- CAB Internacional (CABI). 2005. **Crop Protection Compendium.** Wallingford, UK: CAB International.
- CEVAF. 2003. **Guía Para la Asistencia Técnica Agrícola para el Área de Influencia del Campo Experimental Valle del Fuerte.** INIFAP-CIRNO, Campo Experimental Valle del Fuerte. Agenda Técnica, 6ª ed. Juan José Ríos, Sinaloa, México. 208 p.
- Cortez, M. E. 2008. **Recomendaciones para el control de gusano cogollero y mosquita pinta en maíz, en primavera-verano.** Panorama Agropecuario, Volumen 193. Los Mochis, Sinaloa, México. pp 16-17.
- Cortez, M. E., y J. Macías, C. 2006. **Recomendaciones para el manejo de las plagas insectiles del maíz en Sinaloa.** INIFAP-CIRNO. Campo Experimental Valle del Fuerte. Folleto técnico No. 26. Los Mochis, Sinaloa, México. pp 24-25.
- Cortez, M. E., J. Pérez, M., M. A. Barreras, S., y L. Ochoa, V. 2008. **Respuesta de Genotipos de Maíz a la Mosca de los Estigmas *Euxesta* sp., en el Norte de Sinaloa, México.** In: E. G. Estrada, V. *et al.* (eds.). Entomología Mexicana. Volúmen 7. Tomo 1. León, Guanajuato, Mexico. pp 606-609.
- Goyal, G., G. Nuessly, and H. Gill. 2008. **Oviposition preference of corn-infesting picture wing flies.** *Entomol. Soc. of America.* Annual Meeting. http://esa.confex.com/esa/2008/techprogram/paper_37284.htm.
- Hentz, M. G., and Nuessly, G.S. 2004. **A technique for rearing the sweet corn**

- pest, *Euxesta stigmatias* (Diptera: Otitidae) on a *Helicoverpa* diet.** Journal of Entomological Science 39: 140-143.
- Huis, A. V. 1981. **Integrated pest management in the small farmer's maize crop in Nicaragua.** Wageningen, Holanda, 222 pp.
- Inciso, E., y J. Castro. 2007. **Evaluación de *Spalangia endius* y *Muscidifurax* sp. como controladores de *Musca domestica* en el Perú.** Rev. peru. biol. número especial 13(3): 237 – 241.
- Integrated Taxonomic Information System (ITIS) report. 2009. ***Chaetopsis; Eumecosomyia; Euxesta.*** (En línea). Disponible en www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=142302. Miércoles primero de abril de 2009.
- Lecuona, R., Crespo, D., La Rossa, F. 2007. **Populational parameters of *Spalangia endius* Walker (Hymenoptera: Pteromalidae) on Pupae of *Musca domestica* L. (Diptera: Muscidae) treated with two strains of *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuil. (Deuteromycetes).** Neotrop. entomol;36(4):537-541.
- Lee, E. A., P. F. Byrne, M. D. McMullen, M. E. Snook, B. R. Wiseman, N. W. Widstrom, and E. H. Coe. 1998. **Genetic Mechanisms Underlying Apimaysin and Maysin Synthesis and Corn Earworm Antibiosis in Maize (*Zea mays* L.).** Genetics Soc. of America. 149: 1997–2006.
- Kogan, M. 1990. **Resistencia de la Planta en el Manejo de Plagas.** In: Metcalf, R. L y W. H. Luckman (comps). Introducción al manejo de Plagas de Insectos. Trad. al español, García T, A. y R. Elizondo, M. 1^{ra} ed. 2^{da} edit. Limusa, S. A. de C. V. México, D. F. 123-172.
- Maes, J. M. y Tellez Robleto J. 1988. **Catálogo de los insectos y artrópodos terrestres asociados a las principales plantas de importancia económica en Nicaragua.** Rev. Nica. Ent., 5:95 pp.
- Nuessly, G., Pernezny, K., Stansly, P., Sprenkel, R., and Lentini, R. 1999. **Florida Corn Insect Identification Guide.** <http://fcii.ifas.ufl.edu/frcsilk.htm>. 03 de abril de 2009.
- Nuessly, G. S. y Hentz, M. G. 2004. **Contact and leaf residue activity of insecticides against the sweet corn pest *Euxesta stigmatias* Lowe (Diptera: Otitidae).** Journal of Economic Entomology 97: 496-502.
- Nuessly, G.S. y J.L. Capinera. 2006. **Cornsilk fly *Euxesta stigmatias*.** Publication Number: EENY-224. University of Florida- USDA, ARS.
- Nuessly, G. y S. E. Webb 2007. **Insect Management for Sweet Corn.** Publication #ENY-472. University of Florida, IFAS Extension. pp 9.

- Pacheco M. F. 1985. Plagas de **los cultivos agrícolas en Sonora y Baja California**. Libro Técnico número 1 . Cd. Obregón, Sonora, México . 139 p.
- Painter, R. H. 1955. **Insects on corn and teosinte in Guatemala**. Journal of Economic Entomology 48: 36-42.
- Scully, B. T., Nuessly, G. S., Beiriger, R. L. 2000. **Resistance in maize to *Euxesta stigmatias* Loew (Diptera: Otitidae)**. Journal of Entomological Science. 35: 432-443.
- Scully, B. T., G. S. Nuessly, M.G. Hentz y R. L. Beiriger. 2002. **A Rating Scale to Assess Damage Caused by the ‘Corn Silk Fly (*Euxesta stigmatias* Loew) (Diptera: Otitidae) on the Ears of Sweet Corn**. Subtropical Plant Science, 54: 34-38.
- Seal, D. R. y Jansson, R. K. 1989. **Biology and management of corn-silk fly, *Euxesta stigmatias* Loew (Diptera: Otitidae), on sweet corn in southern Florida**. Proceedings of the Florida State Horticultural Society 102: 370-373.
- Seal, D. R., Jansson, R. K. y Bondari, K. 1996. **Abundance and reproduction of *Euxesta stigmatias* (Diptera: Otitidae) on sweet corn in different environmental conditions**. Florida Entomologist 79: 413-422.
- SIAP-SAGARPA. 2008. **Servicio de información estadística agroalimentaria (SIAP)**. <http://www.siap.sagarpa.gob.mx/integra/Agricola/DatsBas/DBmaiz.pdf>. 31 de octubre de 2008.
- Steyskal, G. C. 1968. **Family Otitida (Ortalidae: including Pterocallidae, Ulidiidae), pp 54.1-54.31**. In Vanzolini PE, Papavero N. [eds.], A Catalogue of the Diptera of the Americas South of the United States. Depto Zoologia, Secretaria de Agricultura, Sao Paulo, Brasil.
- Steyskal, G. C. 1974. ***Euxesta mazorca*, new species, associated with ears of maize in South America (Diptera, Otitidae)**. Proceedings of the Biological Society of Washington 87: 73-76.
- Xinzhi N., M. D. Krakowsky, G. D. Buntin, B. G. Rector, B. Guo, and M. E. Snook. 2008. **Identification of Multiple Ear-Colonizing Insect and Disease Resistance in CIMMYT Maize Inbred Lines with Varying Levels of Silk Maysin**. Journal of Economic Entomology 101(4):1455-1465.

Edgardo Cortez Mondaca

Doctorado en Ciencias en Entomología y Acarología por el Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. Estancia de Investigación en desarrollo de estudios de control biológico de insectos plaga de cítricos en The Texas A&M University System. Maestría en Ciencias en Parasitología Agrícola por La Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Ingeniero Agrónomo especialista en Parasitología Agrícola por La Escuela Superior de Agricultura del Valle del Fuerte de La Universidad Autónoma de Sinaloa. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores (SNI), CONACYT-México.



**Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales, Agrícolas y Pecuarias**

Investigador de Entomología en el INIFAP-Campo
Experimental Valle del Fuerte

José Lorenzo Meza García

Doctorante en Ciencias en Biotecnología por la Universidad Autónoma de Nuevo León. Maestría en Ciencias en Recursos Naturales por el Colegio de la Frontera Sur, Tapachula Chiapas. Licenciado en Ciencias Biológicas por la Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, Baja California. Profesor Investigador en Control Biológico del Departamento Académico de Ciencias Biológicas de la Universidad de Occidente Unidad Guasave.

Cuerpo Académico



**UNIVERSIDAD DE
OCCIDENTE**

Unidad Guasave

Jesús Ricardo Camacho Báez

Maestría en Ciencias por el CIIDIR-IPN Unidad Sinaloa, especialidad en Recursos Naturales y Medio Ambiente. Ingeniero Agrónomo Especialista en Parasitología en la Escuela Superior de Agricultura (UAS) Culiacán, Sin. Profesor Investigador del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional del Instituto Politécnico Nacional CIIDIR-IPN Unidad Sinaloa.

Cuerpo Académico



**Laboratorio de Bioinsecticidas
Departamento Agropecuario
CIIDIR IPN Unidad Sinaloa**

SITUACIÓN ACTUAL DE LA MOSQUITA BLANCA DE LOS CEREALES (*Hemiptera: aleyrodidae*) EN MÉXICO

Guadalupe Vejar Cota

INTRODUCCIÓN

Las especies de mosca blanca (Hemíptera: Aleyrodidae) han sido factores limitantes para la producción agrícola mundial desde los años 70's (Inicialmente en cultivos bajo invernadero), considerándose en nuestros días como uno de los problemas fitosanitarios más importantes en todo el mundo (Ortega 1999, García-Valente y Ortega-Arenas 2008). Estos insectos son importantes económicamente debido a que pueden alimentarse de ciertas plantas en grandes cantidades, además de ser vectores de diversas enfermedades (Pacheco 1985, Ortega 1999).

A nivel mundial se citan 1,556 especies de moscas blancas, incluidas en 161 géneros (Martín y Mound, 2007). En México, de las 67 especies reportadas, sólo son reconocidas como de importancia económica a *Bemisia tabaci* Genn., *B. argentifolii* (Bellows & Perring) y *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood), las cuales ocurren principalmente en cultivos de hoja ancha como melón, sandía, chile, tomate, algodón, frijol, col y cítricos, entre otros (Ortega 1999); aunque los géneros *Agrostaleyrodes*, *Aleurocanthus*, *Aleurocybotus*, *Aleurolobus*, *Aleuroplatus*, *Aleurotrachelus*, *Aleurotulus*, *Bemisia*, *Paraleyrodes*, *Trialeurodes* y *Vasdavidius* cuentan con representantes que atacan plantas de hoja angosta (Poaceae) (Evans, 2007).

A principios de diciembre de 2006 se observó la presencia en altas densidades de una especie de mosca blanca en maíz, sorgo, caña de azúcar y algunas malezas en el ejido Adolfo Ruíz Cortínez, Guasave, Sinaloa, lo que alertó a las autoridades fitosanitarias de la región y del estado (Vejar 2007). La determinación posterior de esta especie de aleiródido indicó que se trataba de la mosquita blanca de los cereales (MBC) *Aleurocybotus occiduus* Russell, siendo este el primer registro para Sinaloa y México (Vejar 2007, Ortega-Arenas *et al.*, 2008, Vejar-Cota *et al.*, 2009).

Al igual que en el Norte de Sinaloa, la MBC apareció súbitamente en Perú (1999) y El Salvador (2003) ocasionando daños importantes en la producción de arroz y maicillo, con pérdidas parciales y totales durante su introducción y colonización (Serrano *et al.* 2004; 2006). Vejar 2007, Ortega-Arenas *et al.*, 2008 y Vejar-Cota *et al.*, 2009 documentaron la presencia de la MBC en Sinaloa; sin embargo, no existe un reporte actualizado sobre su situación actual.

Debido a que *A. occiduus* es una plaga exótica en proceso de colonización y establecimiento y representa un riesgo potencial para la agricultura en México, se planteó como objetivo hacer una revisión actualizada de la situación que representa la MBC como plaga para el norte de Sinaloa, agregando los avances de investigación que se tienen a la fecha sobre su distribución, biología, comportamiento poblacional, enemigos naturales y hospederas.

Detección y seguimiento de las poblaciones de la MBC

Los primeros especímenes de la mosquita blanca de los cereales fue detectada simultáneamente en cultivos de sorgo (*Sorghum vulgare* Pers.), maíz (*Zea mays* L.) y caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.); sin embargo, en este último se observó en altas densidades (Figura 2d, 18.5 ninfas/hoja en promedio). Posteriormente siguieron muestreos aleatorios por toda la región norte de Sinaloa cercana a las ciudades de Los Mochis y Guasave, hasta que se dejaron de coleccionar especímenes (2007), lo que indicó la dispersión inicial de la MBC (Figura 1). Durante el 2007-2009 se realizaron muestreos en una parcela de caña de azúcar (uno de los sitios donde se detectó por primera vez en altas densidades), con lo que se determinó la fluctuación poblacional y su interacción con los enemigos naturales. No es la primera vez que una especie de mosquita blanca representa un riesgo para la agricultura en México, en 1995 se estableció la campaña contra la mosquita blanca (NOM-020-FITO-1995) debido inicialmente a problemas con el biotipo “B” de *B. tabaci* (inmigrante de los Estados Unidos) que posteriormente fue determinada como *B. argentifolii*, ocasionando daños importantes en los Valles de Mexicali y San Luis Rio Colorado en el estado de Sonora (Martínez 1993, Mejía *et al.*, 1999). Posteriormente, esta especie se dispersó por el estado de Sinaloa ocasionando que cultivos susceptibles de verano como el frijol soya (*Glycine max* [L.] Merr.) se dejaron de cultivar, ocasionando pérdidas en el orden de los 10 millones de dólares (Avilés 1999). De igual manera, la situación que originó la mosquita blanca obligó a establecer una ventana fitosanitaria (Junio-

Agosto) para prevenir altas densidades de *Bemisia* spp en hortalizas para el siguiente ciclo agrícola Otoño-Invierno, la cual esta vigente hasta nuestros días (F. J. Orduño-Cota, JLSVVF, com. pers. 2009). Una situación similar originó *A. occiduus* en El salvador (2003) debido a las perdidas ocasionadas por esta plaga, motivando a reuniones interdisciplinarias y estableciendo programas de trabajo conjunto para contrarrestar los efectos de la MBC (Serrano *et al.*, 2004, Serrano *et al.*, 2006).

Origen y distribución actual en México

La MBC es una especie de origen neotropical, la cual se encuentra distribuida en EUA (Arizona, California, Florida y Hawai), Perú (Martín 2004, Evans 2007), El Salvador (Serrano *et al.*, 2006) y ahora en Sinaloa, México (Vejar 2007, Ortega-Arenas *et al.*, 2008 Vejar-Cota *et al.*, 2009). Esta especie se registró como plaga por primera vez en Perú (1999) y posteriormente en El salvador (2003), aunque existe desde 1899 asociada a gramíneas silvestres en Florida, EU (Serrano *et al.*, 2004).

En México, los primeros especímenes de la MBC fueron localizados en el ejido Ruíz Cortines, municipio de Guasave en Sinaloa. Sin embargo, muestreos posteriores señalaron que probablemente los primeros especímenes de esta especie se hayan introducido al país a través de vuelos internacionales provenientes de EUA, una vez que esta especie esta presente en los estados fronterizos de EU (California y Arizona), donde existe relación comercial y turística con esta región de Sinaloa. No se descarta esta forma de dispersión debido a que no existen reportes de su presencia en el estado de Sonora (Ortega-Arenas *et al.*, 2008, Vejar-Cota *et al.*, 2009), el cual se antepone como barrera geográfica con Sinaloa. Lo mismo debió suceder con su aparición en países como Perú y El Salvador, donde ocurrieron de manera espontanea y agresivas, afectando la producción de cultivos como arroz (*Oryza sativa* L.) y maicillo (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) (Serrano *et al.*, 2006, Evans, 2007). Colectas posteriores en los valles de El Fuerte y Guasave mostraron una mayor dispersión durante el 2007 (Figura 1). Aunque esta especie exótica se irá dispersando por el estado de Sinaloa según se lo permitan las barreras geográficas y climáticas, aunado a la dispersión que pueda ocasionar el movimiento de partes vegetales infestadas por el hombre, su aparición será favorecida por la distribución de plantas hospederas y cultivos susceptibles; por lo que se espera que represente un problema de importancia en zonas tropicales

con cultivos susceptibles como ocurrió en Perú y El Salvador (Serrano *et al.*, 2006). No se descarta también que al igual que se estableció en el estado de Sinaloa, pueda mobilizarse a través de vuelos nacionales con otros estados de la república, por lo que amerita un especial interés este tipo de dispersión.

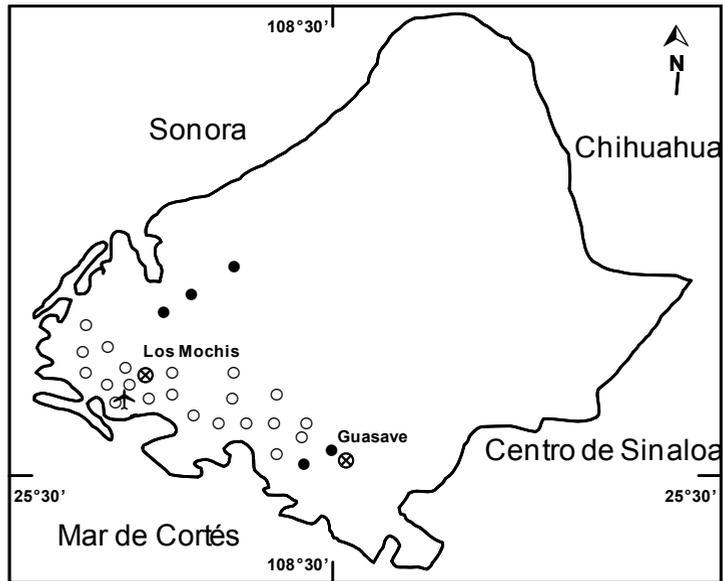


Figura 1. Sitios de distribución de la mosca blanca de los cereales en el norte de Sinaloa. ⊗ Ciudad, ✈ Aeropuerto Internacional de la Cd. de Los Mochis, ○ Sitios de colecta durante el 2007, ● Sitios de colecta durante el 2008.

Colectas aleatorias durante el 2008 mostraron que la MBC sigue ampliando su distribución por los Valles de El Fuerte y Guasave, principalmente hacia el oeste ($26^{\circ} 11'$ Latitud Norte, $108^{\circ} 45'$ Latitud Oeste, 43 msnm) por el margen del Río Fuerte, a una distancia de 50 km de la Cd. de Los Mochis, y al sur del estado por la banda costera ($25^{\circ} 36'$ Latitud Norte, $108^{\circ} 32'$ Latitud Oeste, 17 msnm) cerca de la Cd. de Guasave (Figura 1).

Biología, hábitos y daños

Al igual que otros aleiródidos, la mosquita blanca de los cereales son insectos chupadores que presentan metamorfosis incompleta, es decir, pasan por los estados de huevo, ninfa y adulto (Byrne y Bellow 1991). La MBC se alimenta en el envés de las hojas de sus hospederas, aunque algunas veces se les puede encontrar en la vaina de plantas de hojas muy pequeñas o en los tallos, cuando su abundancia es muy alta (Russell 1964, Vejar 2007). La hembra ovíparita en el envés de las hojas basales de la planta y coloca los huevos de manera individual, desordenados o en grupos de hasta 20 (Vejar 2007, Vejar-Cota *et al.*, 2009) (Figura 2b). Una vez emergida la ninfa, se desplaza pocos milímetros para fijarse y alimentarse. Después de que la ninfa comienza a alimentarse, pasa por otras tres etapas o instares ninfales de desarrollo, en cada caso de mayor tamaño, hasta transformarse en el adulto (Figura 2a). Al último estadio ninfal comúnmente se le llama “pupa” (Figura 2c). Serrano *et al.*, (2006) mencionan que el ciclo de vida de *A. occiduus* en arroz, de huevo a adulto, puede completarse en dos a tres semanas; pero su duración puede variar en función de la temperatura, humedad y hospedera. Poinar (1965) anota que el ciclo transcurre en 36 a 50 días en *Cyperus rotundus* L.

Los daños causados por *A. occiduus* son similares a otros aleiródidos. Las ninfas y adultos causan marchitez, clorosis y achaparramiento, por succión de savia, lo cual se traduce en pérdida de calidad y rendimiento del cultivo o la caída prematura de las hojas, o muerte prematura, en infestaciones severas, por la excesiva proliferación de hongos “fumagina” sobre la mielecilla que excretan (Ortega 1999). No se tienen reportes a la fecha que *A. occiduus* sea una especie que pueda transmitir algún virus (Poinar 1965). La alta incidencia de la MBC en países como Perú (1999) y El Salvador (2003) ha ocasionado pérdidas parciales o totales en cultivos de arroz y sorgo; el daño principal lo causan las ninfas y adultos durante su alimentación, al detener el desarrollo de la planta (amarillamiento) y cubrir de “fumagina” las hojas inferiores, lo que ocasiona la muerte de la planta y/o la infertilidad del fruto (Serrano *et al.*, 2006).

Durante su introducción y establecimiento en el norte de Sinaloa, la MBC no ocasionó daños importantes, ya que el ataque se observó cuando las plantas ya estaban muy desarrolladas y próximas a la cosecha. Lo anterior se pudo deber entre otros factores a la presencia de enemigos naturales, ausencia de hospederas

susceptibles o condiciones climáticas desfavorables para el desarrollo de la plaga durante el desarrollo del cultivo. La mayor densidad de *A. occiduus* se detectó en caña de azúcar, un cultivo que por su follaje puede albergar una gran cantidad de individuos sin ocasionar aparentemente un daño económico. La ausencia de arroz en el norte de Sinaloa durante su introducción evitó que se presentara una situación similar a la de El salvador (Serrano *et al.*, 2004), una vez que las densidades detectadas fueron altas en cultivos no susceptibles (Maíz y caña de azúcar).

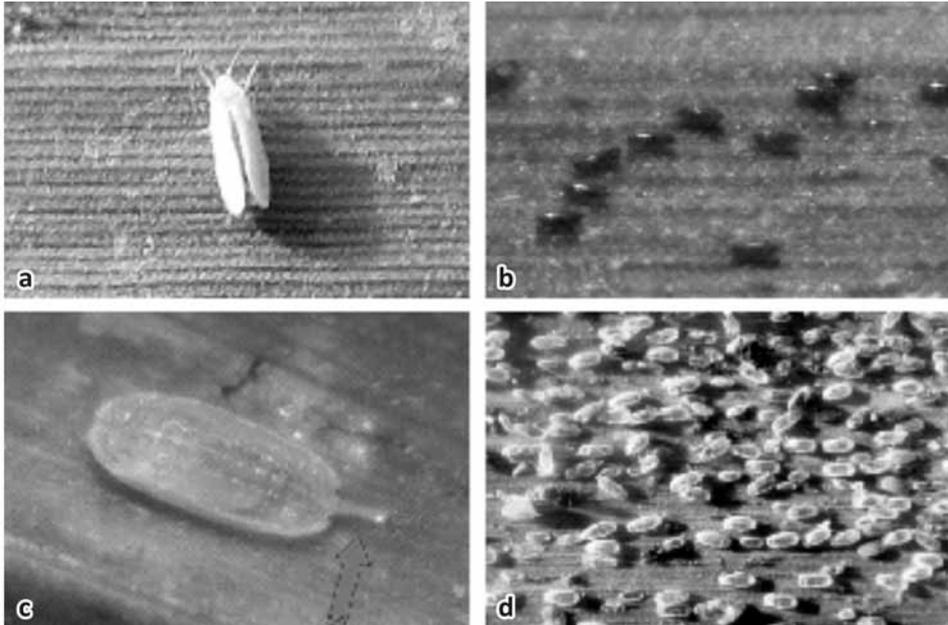


Figura 2. Fases de desarrollo de la MBC, *Aleurocybotus occiduus* en el cultivo de caña de azúcar en el norte de Sinaloa, México. a) adulto, b) huevos, c) ninfa con detalle de filamentos caudales cerosos, d) ninfas en altas densidades.

Comportamiento poblacional de la MBC

Derivado de las altas densidades registradas en diciembre de 2006 (Figura 2d), a partir del 13 de abril de 2007 se inician los registros de las poblaciones de la MBC y se continuaron durante el 2007, 2008 y enero de 2009 en el cultivo de caña de azúcar, dado que es un cultivo perenne y se le realizan pocas prácticas agrícolas, lo que permitiría una mejor observación, tanto del comportamiento poblacional como su interacción con sus enemigos naturales. La parcela utilizada

se encuentra ubicada en las cercanías del ejido Adolfo Ruíz Cortinez (25° 40' 59" Norte y 108° 40' 51" Oeste a 14 msnm) y las colectas iniciaron dos meses después del rebrote. Se llevó un registro de la precipitación (mm) y la temperatura media mensual (°C) de la estación climatológica Ruíz Cortinez (Figura 3).

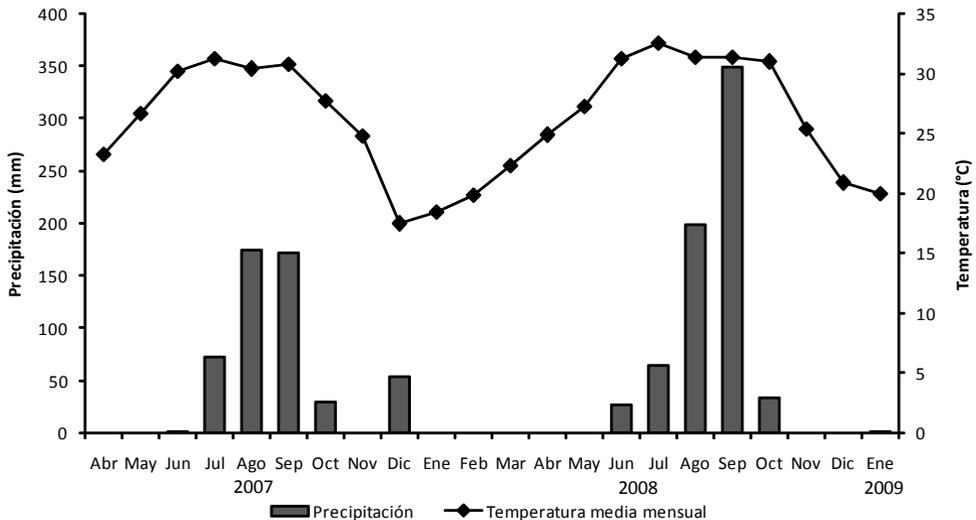


Figura 3. Comportamiento de las lluvias y la temperatura durante abril de 2007 a enero de 2009, en la estación climatológica Ruíz Cortinez, en el norte de Sinaloa, México.

Huevos. Durante los muestreos, los huevos fueron más abundantes de junio a octubre de 2007, con un pico poblacional en septiembre, mientras que en el 2008 la mayor presencia se registró de abril a agosto, con un pico poblacional en junio (Figura 4). Durante el 2007 se obtuvo un promedio de 1.48 huevos/hoja, sin embargo durante el 2008 decreció alrededor de un 44%, obteniéndose 0.84 huevos/hoja. En ambos casos, estos resultados coinciden con el inicio de la temporada de lluvias y las mayores temperaturas (Figura 3); por lo tanto es de suponerse que esta especie se desarrolle en sus hospederas bajo condiciones de alta humedad y altas temperaturas, coincidiendo con lo señalado por Serrano *et al.*, (2004) que la época lluviosa favorece más los incrementos poblacionales que la época seca, como ocurre con otras especies de mosquita blanca (García y Ortega 2008).

Las densidades registradas a finales de 2006 mostraron poblaciones mucho más elevadas que las del 2007 y 2008, observándose para este caso un decremento de las poblaciones a través del tiempo.

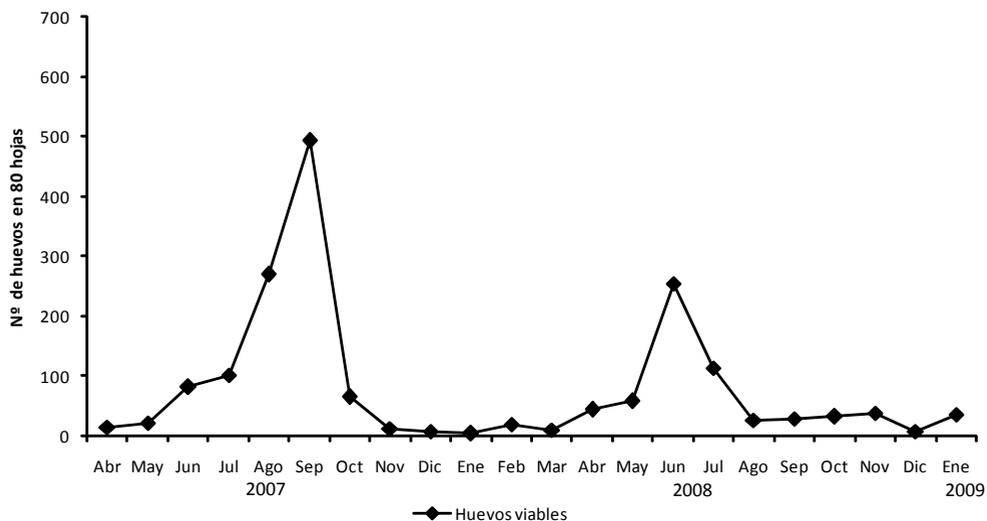


Figura 4. Comportamiento de los huevos de la MBC, *Aleurocybotus occiduus* en el cultivo de caña de azúcar de abril de 2007 a enero de 2009 ($n = 80$ hojas), en el norte de Sinaloa, México.

Ninfas. Los mayores incrementos poblacionales de las ninfas se observaron de julio a octubre de 2007, siendo más abundantes las ninfas de 1^{er}, 2^{do} instar, con un pico poblacional en septiembre, mientras que durante el 2008 las ninfas aparecieron de junio a agosto con un pico poblacional en julio (Figura 5), coincidiendo con la época de lluvias y altas temperaturas (Figura 3). Tanto en el 2007 como el 2008 se observó que el número de ninfas disminuye con la edad, lo cual probablemente se deba a una mayor tasa de mortalidad conforme se incrementa la edad del insecto por los factores bióticos y abióticos presentes durante el desarrollo de sus poblaciones, por lo que no todos los individuos pasan al siguiente estado de desarrollo. En general, las ninfas disminuyeron significativamente entre el 2007 y el 2008, observándose un decremento del 90% (Figura 5). Considerando que se trata de una plaga inmigrante, es de esperarse que la población se encuentra en una fase de adaptación, por lo que en años sucesivos se regulará de manera natural por medio de los factores limitantes prevalecientes en la región (Price y Waldbauer 1992).

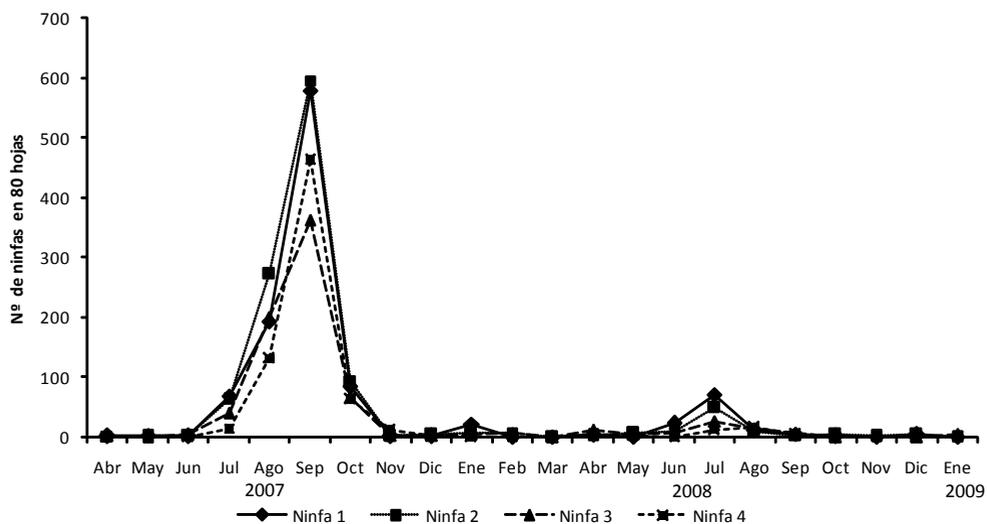


Figura 5. Comportamiento de los diferentes estados ninfales de la MBC, *Aleurocybotus occiduus* en el cultivo de caña de azúcar de abril de 2007 a enero de 2009 ($n = 80$ hojas), en el norte de Sinaloa, México.

Adultos. Las poblaciones de adultos aparecieron en tres periodos durante el 2007 al 2009 (utilizando el redeo como método de muestreo), de julio a octubre, de enero a febrero y de junio a julio, registrándose cada vez más bajas las poblaciones conforme transcurría el tiempo (Figura 6). Los picos poblacionales para los tres periodos fueron en agosto, febrero y junio, respectivamente. Las poblaciones de adultos fueron más escasas durante el 2008 que en 2007, decreciendo en un 95%. Con respecto al uso de la trampa amarilla como método de muestreo para la captura de adultos, se puede apreciar en la Figura 6 que aunque en bajas densidades fue más sensible este método de muestreo (Abril a Octubre) con respecto al redeo (Junio a Julio).

Las poblaciones más altas de adultos de la MBC durante el 2007 se presentaron durante la época de lluvias y altas temperaturas, coincidiendo con los datos de Serrano *et al* (2006) quienes señalan que esta especie prefiere las condiciones que prevalecen durante el periodo de lluvias (Julio y Agosto). Sin embargo, durante el 2008, a pesar que se presentaron condiciones climáticas más favorables para incrementos poblacionales (Figura 3), la MBC se registró en bajas densidades, tendiendo a desaparecer. Como se explicó en el caso de las ninfas, lo anterior se

puede deber al proceso de adaptación durante su introducción y colonización por ser una plaga exótica, coincidiendo con lo señalado por Serrano *et al.*, (2006) en arroz y otras gramíneas cultivadas en El Salvador, quienes señalan que después de su aparición (2003), las poblaciones de la MBC disminuyeron al grado de ser escasas (2005).

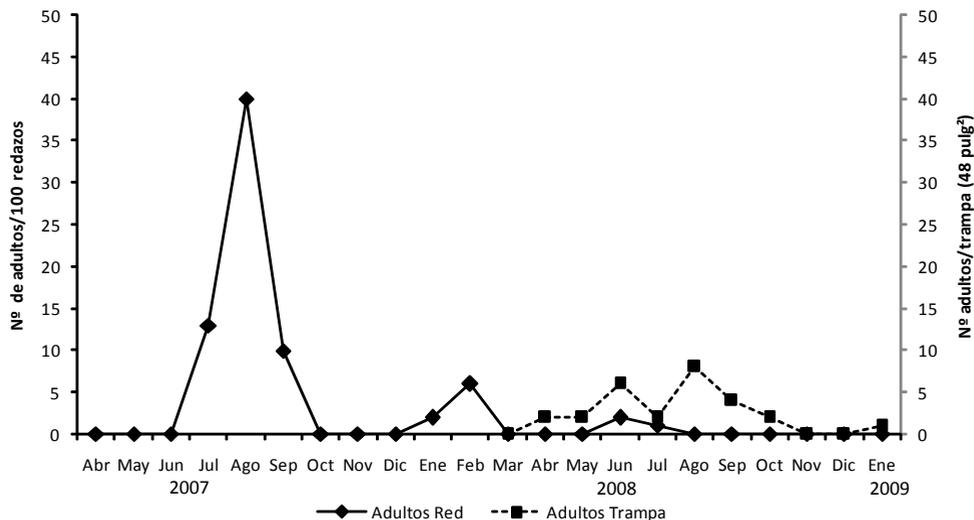


Figura 6. Comportamiento de los adultos de la MBC, *Aleurocybotus occiduus* en el cultivo de caña de azúcar de abril de 2007 a enero de 2009, utilizando red de golpe ($n = 100$) y trampa amarilla ($n = 48$ pulg², en dos periodos de dos días mensuales) en el norte de Sinaloa, México.

Enemigos naturales

Existen pocos estudios sobre los enemigos naturales de la MBC. Los enemigos naturales más conocidos y que tienen distribución mundial pertenecen al orden Hymenoptera, de la familia Aphelinidae, específicamente los géneros *Encarsia* y *Eretmocerus* (Martín 1987, Ortega 1999, Evans 2007). Para México se citan nueve especies de *Encarsia* y tres de *Eretmocerus* parasitando diferentes especies de moscas blancas, principalmente *B. tabaci* (Hennessey *et al.*, 1995). De las especies de afelinidos citadas mundialmente, sólo se señala a *Encarsia luteola* Howard y *E. deserti* Rivnay y Gerling, parasitando a *A. occiduus* (Gerling 1967, Martín 2004). Por otro lado, Evans (2007) cita a *Euderomphale hyalina* (Compere

y Annecke) de la familia Eulophidae parasitando a la MBC. Serrano *et al.* (2004) citan aproximadamente 10 morfoespecies diferentes de microhimenópteros parasitando ninfas de *A. occiduus*, observándose parasitismos desde 2.2 a 16.3%; e indica además la presencia de un hongo entomopatígeno (*Aschersonia* sp) y algunos depredadores entre ellos sírfidos, míridos, coccinélidos y arañas.

Durante el estudio de los enemigos naturales de la MBC en el norte de Sinaloa se observaron varias especies de parasitoides y algunos depredadores.

Parasitoides. Este grupo de agentes de control biológico fue abundante y diverso, principalmente durante el 2007, coincidiendo con la abundancia de las ninfas del cuarto instar de la MBC (Figura 7). Los parasitoides se observaron de julio a noviembre de 2007, con un pico máximo en agosto, mientras que para el 2008, los parasitoides se registraron de Julio a Septiembre con un pico en Agosto, coincidiendo con el año anterior. El número de parasitoides observados varió con respecto a la abundancia de las ninfas. Sin embargo, el porcentaje de parasitismo se mantuvo en niveles altos conforme apareció la plaga, el cual varió desde el 33.3% hasta el 100.0%. Es claramente apreciable que existe una relación denso-dependiente entre el huésped y los parasitoides, ya que estos últimos aparecían rápidamente conforme se incrementaba la MBC. Este comportamiento de los parasitoides parece ser la principal causa del decremento de las poblaciones de *A. occiduus* desde su introducción hasta su establecimiento.

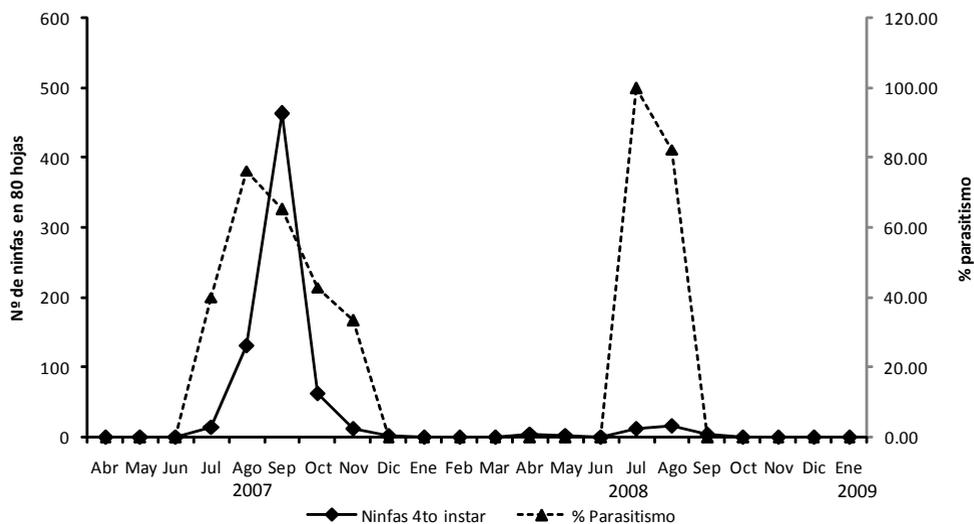


Figura 7. Comportamiento de las ninfas del cuarto instar de la MBC, *Aleurocybotus occiduus* en el cultivo de caña de azúcar y su parasitismo de abril de 2007 a enero de 2009 ($n = 80$ hojas), en el norte de Sinaloa, México.

Con respecto a las especies de parasitoides encontradas, se registraron seis morfoespecies diferentes (Figura 8), las cuales están en proceso de identificación (Dra. S. N. Myartseva, Universidad Autónoma de Tamaulipas).

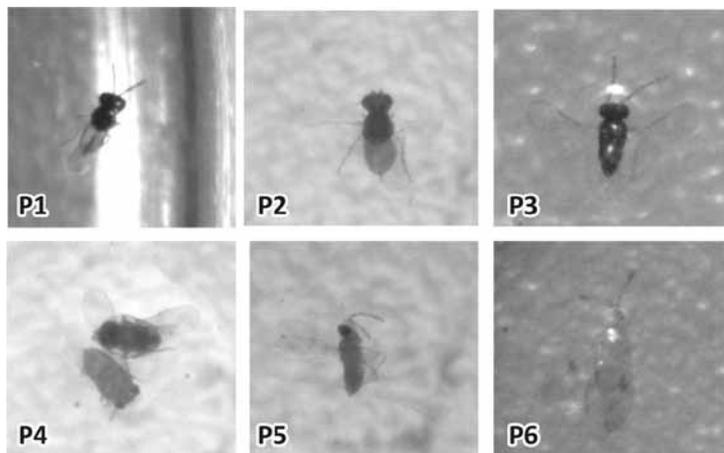


Figura 8. Relación de especies de parasitoides encontrados durante los muestreos de la MBC, *Aleurocybotus occiduus* en el cultivo de caña de azúcar de abril de 2007 a enero de 2009, en el norte de Sinaloa, México.

Durante las colectas del 2007 los parasitoides fueron abundantes, disminuyendo significativamente durante el 2008 (Figuras 9). La especie más abundante fue “P1” (*Encarsia* sp) con el 58% de participación, seguida del parasitoide “P6” (No predeterminada), con el 14%. El resto de las especies correspondieron a 12, 9, 6 y 2% para “P3” (*Encarsia* sp), “P4” (No predeterminada), “P5” (*Eretmocerus* sp) y “P2” (*Encarsia* sp), respectivamente. Se presume que la especie “P6” fue subestimada ya que durante las colectas de las hojas se observó que las pupas parasitadas de esta especie se desprendían con facilidad al manipular el material vegetativo. Durante los muestreos se observaron adultos de *Eretmocerus* sp alimentándose de huevos de la MBC.

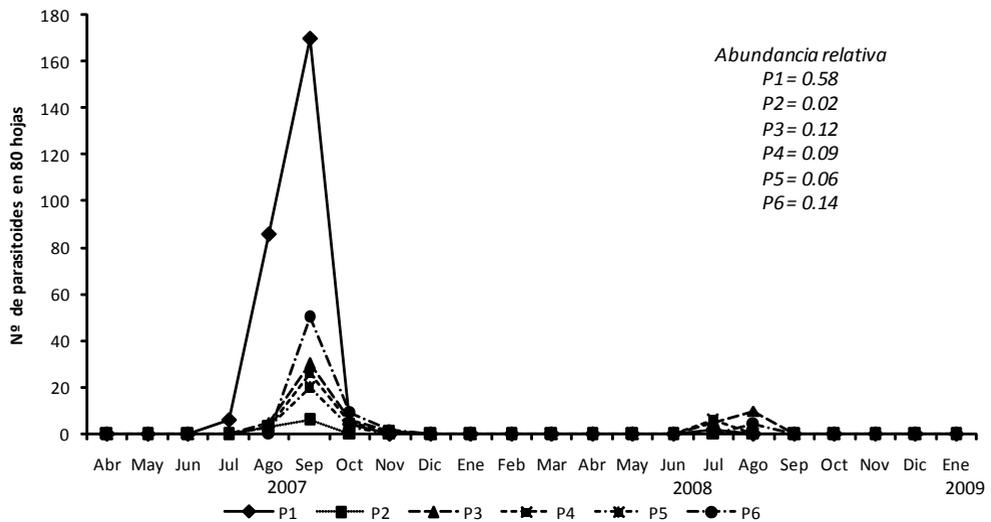


Figura 9. Comportamiento de los parasitoides de la MBC, *Aleurocybotus occiduus* en el cultivo de caña de azúcar y su abundancia relativa de abril de 2007 a enero de 2009 ($n = 80$ hojas), en el norte de Sinaloa, México.

La mayor diversidad y abundancia de los parasitoides se presentó durante los meses de julio a octubre, con el pico máximo en septiembre (Figura 9), coincidiendo al igual que el huésped con el periodo de lluvias y altas temperaturas (Figura 3).

Depredadores. Los depredadores de mosquitas blancas incluyen especies de los ordenes Coleóptero, Hemíptero, Neuróptero y Díptera, aunque también destacan algunas arañas y ácaros. Normalmente este grupo de agentes de control biológico

tienen hábitos polívoros, por lo que es difícil de apreciar el impacto que tienen sobre sus presas; sin embargo, la acción colectiva puede desempeñar un papel importante en la reducción y regulación de las poblaciones naturales (García-Valente y Ortega-Arenas 2008). Con respecto a los depredadores capturados durante los muestreos de la MBC se encontraron diversas especies de insectos y arañas, siendo este último grupo el más abundante con el 87% de las capturas (Figura 10).

Dentro del grupo de las arañas se encontraron representantes de varias familias, pero las que más destacaron fueron Araneidae, Licosidae, Oxyopidae, Salticidae, Theridiidae y Thomisidae, algunas citadas de importancia en la agricultura del noroeste del país (Pacheco 1985). Las mayores densidades de arañas se observaron cuando el cultivo de caña se encontraba en su última etapa de desarrollo y el follaje fue más abundante. Las poblaciones de arañas declinaron durante el 2008 en un 76% con respecto al 2007, de igual manera como declinaron las poblaciones de la MBC, por lo que se presume una relación denso-dependiente.

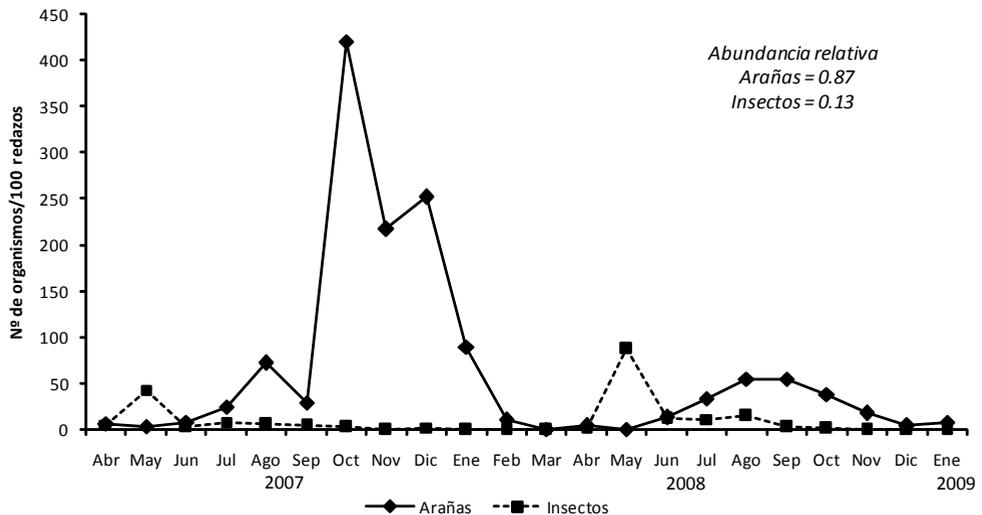


Figura 10. Comportamiento de los depredadores de la MBC, *Aleurocybotus occiduus* en el cultivo de caña de azúcar y su abundancia relativa de abril de 2007 a enero de 2009 ($n = 100$ redazos), en el norte de Sinaloa, México.

Los insectos depredadores más frecuentes encontrados fueron *Chrysoperla* sp (huevos, larva y adultos) de la familia Chrysopidae, *Collops femoratus* Schaeffer (Malachiidae), catarinitas de la especie *Cycloneda sanguinea* (L.) (Coccinellidae), chinche pirata *Orius* sp (Anthocoridae), chinche ojona *Geocoris* sp (Lygaeidae), chinche asesina *Sinea* sp (Reduviidae) y mantis (Mantidae). Las poblaciones de insectos depredadores fueron similares tanto en el 2007 como en el 2008 (Figura 10), apareciendo a partir de mayo cuando la caña de azúcar inicia su cierre de cultivo.

Plantas hospederas

La mosquita blanca de los cereales ha sido citada atacando diferentes plantas silvestres y cultivadas (Poáceas y ciperáceas) en el continente americano (Cuadro 1) (Russell 1964, Poinar 1965, Serrano *et al.*, 2006, Evans 2007).

Cuadro 1. Relación de plantas silvestres y cultivadas hospederas de la mosquita blanca de los cereales, *A. occiduus* en América.

Nombre científico	Nombre común	Familia
Plantas silvestres		
<i>Cyperus rotundus</i> L.	Coquillo, Coyolillo	Cyperaceae
<i>Cenchrus echinatus</i> L.	Zacate cadillo	Poaceae
<i>Chloris</i> sp		Poaceae
<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	Zacate bermuda	Poaceae
<i>Echinochloa colonum</i> (L.)	Zacate pata morada	Poaceae
<i>Echinochloa crus-galli</i> (L.)	Zacate de agua	Poaceae
<i>Fimbristylis dichotoma</i> (L.)	Coyolillo	Cyperaceae
<i>Hyparrhenia rufa</i> (Ness) Stapf.	Zacate jaragua	Poaceae
<i>Ixophorus unisetus</i> (Presl)	Zacate pacho	Poaceae
Schlecht		
<i>Paspalum dilatatum</i> Poiret	Pasto amargo	Poaceae
<i>Paspalum notatum</i> Flugge	Pasto bahía	Poaceae
<i>Pennisetum purpurascens</i> (L.)	Zacate australiano	Poaceae
Schult.		
<i>Rottboellia cochinchinensis</i>	Zacate peludo	Poaceae
(Lour.) C.		
<i>Scleria pterota</i> Presl.	Navajuela	Cyperaceae
<i>Setaria italica</i> (L.)	Cola de zorra	Poaceae
<i>Sorghum halepense</i> (L.) Pers.	Zacate Jhonson	Poaceae
<i>Stenotaphrum secundatum</i> (Walt.)	Pasto búfalo	Poaceae
K.		
Plantas cultivadas		
<i>Oryza sativa</i> L.	Arroz	Poaceae
<i>Saccharum officinarum</i> L.	Caña de azúcar	Poaceae
<i>Sorghum vulgare</i> Pers.	Sorgo	Poaceae
<i>Sorghum vulgare</i> var. <i>Sudanense</i>	Pasto sudan	Poaceae
Pers.		
<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench	Maicillo	Poaceae
<i>Zea mays</i> L.	Maíz	Poaceae

De las plantas cultivadas citadas en la Cuadro 1, *A. occiduus* solo se ha registrado como plaga importante en arroz (*O. sativa*) y maicillo (*S. bicolor*) (Serrano *et al.*, 2004, Serrano *et al.*, 2006). Dentro del mosaico de gramíneas cultivadas

y silvestres que se presentan en el norte de Sinaloa, se ha detectado la presencia de *A. occiduus* en 11 especies; sin embargo, en una de ellas la mosca no pudo concretar su ciclo biológico y sólo se encontraron huevos y ninfas de los primeros instares (Cuadro 2). A la fecha sólo se han detectado siete hospederas silvestres: *Sorghum halepense* (L.) Pers., *Cenchrus ciliaris* L., *Cynodon dactylon* (L.) Pers., *Chloris gayana* Kunth., *Echinochloa colonum* (L.) Link, *Paspalum ciliatum* Lamk (Poáceas) y *Cyperus rotundus* L. (Ciperácea) y tres cultivadas: *S. vulgare*, *S. officinarum* y *Z. mays* (Poáceas) donde la MBC completa su ciclo de vida (Cuadro 2). *P. ciliatum* (= *P. conjugatum* Berg.) se agrega a la lista inicial como hospedero de este aleiródido para el norte de Sinaloa (Vejar 2007), por lo que las especies del género *Paspalum* podrían ser hospederos potenciales, dado que ya se han registrado *P. dilatatum* Poiret y *P. notatum* Flugge como hospederos de la MBC en otros lugares. De igual manera se agrega el maíz como hospedero ya que se encontró durante el 2008 algunas ninfas desarrolladas y “exuvias” de esta especie, aunque en bajas densidades (Cuadro 2).

Cuadro 2. Plantas silvestres y cultivadas hospederas de la mosca blanca de los cereales *A. occiduus*, en el norte de Sinaloa, México.

Nombre científico	Nombre común	Familia	Aceptación ^y
Plantas silvestres			
<i>Cenchrus ciliaris</i> L.	Zacate Buffel	Poaceae	CC
<i>Chloris gayana</i> Kunth.	Zacate Rhodes	Poaceae	CC
<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	Zacate Grama	Poaceae	CC
<i>Cyperus rotundus</i> L.	Coquillo	Cyperaceae	CC
<i>Dichanthium aristatum</i> (Poirét)	Zacate Angletón	Poaceae	CI
<i>Echinochloa colona</i> (L.) Link	Zacate Pinto	Poaceae	CC
<i>Paspalum ciliatum</i> Lamk.	Zacate Horquetilla	Poaceae	CC
<i>Sorghum halepense</i> (L.) Pers.	Zacate Jhonson	Poaceae	CC
Plantas cultivadas			
<i>Saccharum officinarum</i> L.	Caña de azúcar	Poaceae	CC
<i>Sorghum vulgare</i> Pers.	Sorgo ^z	Poaceae	CC
<i>Zea mays</i> L.	Maíz	Poaceae	CC

^y Aceptación: CC: Ciclo completo de la mosca, CI: Ciclo Incompleto de la mosca.

^z Plantas que crecieron silvestres en las orillas de cultivos y caminos durante el ciclo agrícola Otoño-invierno 2006/2007 y cultivos establecidos del subciclo agrícola Primavera-verano 2007.

PERSPECTIVAS EN GRAMINEAS CULTIVADAS EN MÉXICO

Según las últimas referencias sobre la distribución de la mosquita blanca de los cereales (*A. occiduus*), solo se encuentra en el norte de Sinaloa (Distritos de Los Mochis y Guasave), donde se siembran aprox. 42% de las gramíneas que se cultivan a nivel estatal (maíz, sorgo, trigo, pastos y caña de azúcar), lo que representa alrededor de 320 mil has entre los ciclos agrícolas otoño-invierno y primavera-verano (INEGI, 2001). Las gramíneas cultivadas susceptibles al ataque de *A. occiduus* conocidos a la fecha son el arroz (*O. sativa*) y maicillo (*S. bicolor*) (Serrano *et al.*, 2006). Ninguno de estos dos cultivos se siembran en el norte de Sinaloa, sin embargo, durante el ciclo otoño-invierno 2006-2007 se sembraron 1,046 has (arroz) en los Distritos de Culiacán y La Cruz (Centro del estado) (SAGARPA, Sinaloa) donde aun no se tiene registro de la presencia de esta plaga. Por otro lado, existen diferentes variedades de sorgos que sí están presentes en el norte de Sinaloa (aprox. 28 mil ha). Según los registros que se tienen a la fecha, la MBC no representó un problema importante para los cultivos de sorgo (*S. vulgare*), maíz (*Z. mays*) y caña de azúcar (*S. officinarum*) pero se desconoce aun el impacto que tendrá si encuentra nichos con las condiciones apropiadas para ocasionar daños en el resto del estado de Sinaloa conforme se vaya dispersando. Con respecto a otros estados y con los antecedentes de que las poblaciones de la MBC prefiere la época húmeda a diferencia de otras especies de mosquitas blancas que prefieren la época seca, se espera que su diseminación hacia estados con climas tropicales o subtropicales y con cultivos susceptibles (*O. sativa* y *S. bicolor*) represente un problema fitosanitario importante.

CONCLUSIONES

Los últimos registros que se tienen de la MBC señalan que sus poblaciones se adaptaron exitosamente a sus hospederas silvestres y cultivadas en el norte de Sinaloa, México. Sin embargo, durante su introducción y colonización, los factores limitantes como los enemigos naturales y las condiciones climáticas regularon sus incrementos poblacionales a niveles que no causan daño económico en los cultivos donde se estableció con éxito, a diferencia de lo ocurrido en El Salvador y Perú donde afectó significativamente la producción de arroz y maicillo (Serrano *et al.*, 2004, Serrano *et al.*, 2006).

Aunque la MBC sigue ampliando su distribución por el estado (favorecido por sus hospederas silvestres y vientos principalmente), es necesario continuar realizando nuevos muestreos hacia el centro y sur de Sinaloa, así como en el sur de Sonora. Es preocupante que durante la diseminación de esta plaga exótica pueda encontrar nichos idóneos y ocasionar daños importantes en cultivos susceptibles, tanto en nuestro estado como en los estados vecinos. El estado más cercano y que cuenta con condiciones similares a las prevalecientes en El Salvador es Nayarit, por lo que representa un riesgo potencial la introducción de esta especie. También representa un riesgo potencial para los estados con mayor producción de arroz por el impacto económico que esto ocasionaría (Campeche, Morelos y Veracruz), aunque no se vislumbra a corto plazo.

Dentro del comportamiento poblacional, las condiciones riparias (plantas silvestres disponibles todo el año y alta humedad) favorecen la diseminación de la MBC, como se ha observado en los márgenes del Río Fuerte por donde sigue avanzando en dirección oeste. Las poblaciones decrecieron significativamente desde su introducción hasta el último registro que se tiene de su densidad, coincidiendo con lo observado por Serrano *et al.*, (2006), siendo los dos primeros años críticos y que requieren de una vigilancia estrecha de sus poblaciones. Las condiciones climáticas húmedas y con alta temperatura favorecieron los incrementos poblacionales de *A. occiduus*, pero no fueron determinantes para que se mantuvieran las poblaciones a través del tiempo, ya que la interacción con sus enemigos naturales, principalmente parasitoides ayudaron a regularla. Se encontraron varias especies de parasitoides, por lo que las especies encontradas en el norte de Sinaloa podrían ser nuevos registros, los cuales aún están en proceso de identificación. Durante muestreos aleatorios en los valles de El Fuerte y Guasave durante el 2008, la mayoría de las ninfas de la MBC colectadas estaban parasitadas por las mismas especies registradas durante el 2007.

Se amplía a 11 los registros de plantas hospederas donde la MBC completa su ciclo biológico, de las 9 especies registradas inicialmente por Vejar (2007) y Ortega-Arenas *et al.*, (2008) y Vejar-Cota *et al.*, (2009). Se incluye una hospedera silvestre (*P. ciliatum*) y una cultivada (*Z. mays*). En la actualidad, ninguna gramínea cultivada de los que se siembran en el norte del estado se encuentra en riesgo de ser dañadas por la MBC.

Esta especie representa un riesgo importante para la agricultura de México, principalmente para las zonas tropicales y subtropicales del país, donde la MBC parece desarrollarse mejor, por lo que es apremiante que las autoridades fitosanitarias nacionales establezcan mecanismos, tanto para prevenir su diseminación como para alertar a los productores de cultivos susceptibles. El presente documento aporta información relevante para la elaboración de análisis de áreas potenciales de riesgo, así como elementos para establecer programas de manejo de esta plaga.

BIBLIOGRAFIA

- Avilés, G. M. C. 1999. **Situación actual de la mosquita blanca *Bemisia tabaci* Genn. en el estado de Sinaloa.** Memoria del segundo taller sobre control biológico de mosquita blanca. SARH-DGSV-CNRCB-Fundación Tecnológica de Sinaloa. Culiacán, Sin. Pp. 15-19.
- Byrne, D. N. y Jr. Bellows. 1991. **Whitefly biology.** Ann. Rev. Entomol., 36: 431-457.
- Evans, G.A. 2007. **The whiteflies (Hemiptera: Aleyrodidae) of the world and their host plants and natural enemies.** USDA/APHIS. (En línea). Disponible en <http://www.sel.barc.usda.gov>). (Revisado el 15 marzo de 2007).
- García-Valente, F. y L. D. Ortega-Arenas. 2008. **Mosquita blanca, *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae).** In: H. C. Arredondo-Bernal y L. A. Rodríguez-del-Bosque (eds). Casos de control biológico en México. DGSV-SMCB-INIFAP-CP. Mundi-Prensa, México, D.F. Pp. 167-176.
- Gerling, D. 1967. **Bionomics of the whitefly parasites complex associated with cotton in southern California (Homoptera: Aleyrodidae; Hymenoptera: Aphelinidae).** Ann. Entomol. Soc. Am. 60: 1306-1321.
- Hennessey, R. D., H. C. Arredondo-Bernal y L. A. Rodríguez-Del-Bosque. 1995. **Distribución geográfica y huéspedes alternos de parasitoides afelínidos de *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae).** Vedalia 2: 61-75.
- INEGI, 2001. **Anuario estadístico Sinaloa.** Gobierno del Estado de Sinaloa. 524 pp.
- Martín, J.H. 1987. **An identification guide to common whitefly pest species of the World (Homoptera: Aleyrodidae).** Trop. Pest Manage. 33:298-322.

- Martín, J. H. 2004. **Whiteflies of Belize (Hemiptera: Aleyrodidae)**. Part 1. Introduction and Account of the subfamily Aleurodicinae Quaintance & Baker. *Zootaxa* 681: 1-119.
- Martin, J.H. y L. A. Mound. 2007. **An annotated check list of the world's whiteflies (Insecta: Hemiptera: Aleyrodidae)**. *Zootaxa* 1492: 1-84.
- Martínez, C. J. L. 1993. **Proyecto de investigación para el manejo integrado de mosca blanca *Bemisia tabaci* Genn. en el noroeste de México**. SARH-INIFAP-CIANO. México (Inédito).
- Mejía, G. H.; S. Anaya R. y J. Romero N. 1999. **Diagnosis comparativa de las mosquitas blancas *Bemisia tabaci* Genn. y *B. argentifolii* B. y P. (Homoptera: Aleyrodidae)**. In: Hortalizas, plagas y enfermedades. S. Anaya R. y J. Romero N. (eds.). Editorial Trillas. México D. F. México. pp: 132-149.
- Ortega, A. L. D. 1999. **Mosca blanca vectora de virus en hortalizas (Homoptera: Aleyrodidae)**. In: Hortalizas, plagas y enfermedades. S. Anaya R. y J. Romero N. (eds.). Editorial Trillas. México D. F. México. pp: 149-176.
- Ortega-Arenas, L. D.; G. Vejar-Cota y V. E. Carapia-Ruíz. 2008. **Descripción de la mosca blanca de los cereales *Aleurocybotus occiduus* (Russell) (Hemiptera: Aleyrodidae) y plantas hospederas en el norte de Sinaloa**. Entomología Mexicana Vol. 7. Pp. 610-614.
- Pacheco, M.F.1985. **Plagas de los cultivos agrícolas en Sonora y Baja California**. Libro técnico N° 1. CIRNO-INIA-SARH, México. P 414.
- Poinar, G. O. 1965. **Observations on the biology and ovipositional habits of *Aleurocybotus occiduus* (Homoptera: Aleyrodidae) attacking grasses and sedges**. Ann. Entomol. Soc. Am. 58 (5): 618-620.
- Price, P. W. y G. P. Waldbauer. 1992. **Aspectos ecológicos en el manejo de plagas**. In: **Introducción al manejo de plagas de insectos**. R.L. Metclaf y W.H. Luckmann (eds.). Editorial LIMUSA, México, D.F. Pp. 51-93.
- Russell, L. M. 1964. **A new species of *Aleurocybotus* (Homoptera: Aleyrodidae)**. Proc. Entomol. Soc. Washington 66 (2): 101-102.
- Serrano, C. L., R. F. Guzmán S., C. A. Borja M., A. E. Moran, A. Lemus M., y E. Castillo M. 2004. **Plaga de moscas blancas (*Aleurocybotus occiduus*) infestando arroz (*Oryza sativa*) y maicillo (*Sorghum bicolor*), en El Salvador, América Central: 2003**. Memoria del IX Congreso Internacional de Manejo Integrado de Plagas. El Salvador, Centroamérica. 3-5 nov. 2004. 96 p.

- Serrano, C. L., R. F. Guzmán S., C. A. Borja M., A. E. Moran, A. Lemus M., y H. Pitre. 2006. **Plaga de mosca blanca (*Aleurocybotus occiduus*) en arroz (*Oryza sativa*) y maicillo (*Sorghum bicolor*), El Salvador, América Central: 2003-2005.** Memoria del 52° Reunión Anual del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos y Animales (PCCMCA). Montelimar, Nicaragua.
- Vejar, C. G. 2007. **Nueva especie de mosquita blanca y su impacto potencial como plaga de gramíneas cultivadas en el norte de Sinaloa.** Panorama Agropecuario. Panorama agropecuario N° 183. 9-12 pp.
- Vejar-Cota G., L. D. Ortega-Arenas y V. E. Carapia-Ruíz. 2009. **Primer registro de la mosca blanca de los cereales *Aleurocybotus occiduus* (Russell) ((Hemiptera: Aleyrodidae) y su impacto potencial como plaga de gramíneas en el norte de Sinaloa.** Acta Zoológica Mexicana (n.s.) 25 (1): 33-48.

Guadalupe Vejar Cota

Maestro en Ciencias, Especialidad en Entomología y Acarología por el Colegio de Postgraduados, México. Licenciado en Biología especialista en Sanidad Vegetal por el Instituto Tecnológico de Los Mochis. Jefe del Departamento de Control Fitosanitario de la Caña de Azúcar de la Cía. Azucarera de Los Mochis, S.A. de C.V. Correo electrónico: vejargpe@hotmail.com



GRUPO MOCHIS

**Departamento de Control Fitosanitario
Cía. Azucarera de Los Mochis, S.A. de C.V.**

NORMATIVIDAD FITOSANITARIA APLICADA EN LA PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE GRANOS Y SEMILLAS

Martha Aguilera Peña

INTRODUCCIÓN

El comercio ha sido el punto crítico para la expansión de las economías y el soporte del desarrollo de los países (Heimpel, 2000) sustentado en reglas que los gobiernos han acordado para asegurar un comercio no discriminatorio y transparente, aunque la globalización ha implicado desigualdad en el ingreso y desarrollo entre los países (Córdova, 1997) debido a la heterogeneidad en el manejo o control de los factores que inciden en la comercialización de productos agrícolas, dentro de los que incurren los aspectos fitosanitarios, mismos que dieron lugar al Acuerdo sobre la aplicación de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias (Acuerdo MSF) de la Organización Mundial de Comercio, en donde se reconoce que la fitosanidad es el factor no arancelario que agiliza o limita el acceso a los mercados (OMC, 2009a). Han sido frecuentes las controversias comerciales debidas a las barreras no arancelarias de orden proteccionista. México, país importador de granos, ha venido implementando, sobre bases científicas y en apego a la normatividad internacional, el proceso de elaboración y aplicación de normas y lineamientos para evitar el ingreso de plagas cuarentenarias.

En este documento se presenta el marco normativo en el que se sustenta la producción y comercialización de granos en México, por lo que se analiza la regulación fitosanitaria a partir de la apertura y ampliación comercial, particularmente con la firma de Tratados de Libre Comercio (DOF, 1993) y la implementación del Acuerdo sobre la Aplicación de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias (Acuerdo MSF) de la Organización Mundial de Comercio (OMC, 2009a).

El Acuerdo MSF permite a los países a establecer sus propias normas en materia fitosanitaria; sin embargo, exige que la regulación se base en principios científicos, que sólo se aplique para proteger la salud y que no establezca una discriminación

arbitraria o injustificada entre países con condiciones idénticas o semejantes. Motiva a los países miembros a utilizar normas, directrices y recomendaciones internacionales en la aplicación de medidas fitosanitarias que tengan por objeto proporcionar niveles más elevados de protección, siempre que estén justificadas desde el punto de vista científico (OMC, 2009a). Los países firmantes de la CIPF han reconocido los beneficios de la cooperación internacional en la prevención de la introducción y establecimiento de las plagas y su combate mediante las prácticas comerciales basadas en acuerdos técnicos (Trujillo, 1996).

Antecedentes

Al término de la Segunda Guerra Mundial, el comercio dio origen a la expansión de la economía. En 1949, fueron 23 países los que iniciaron el Acuerdo General sobre Tarifas y Aranceles (GATT por sus siglas en inglés); se establecieron inicialmente las reglas para la apertura comercial, con reducción de tarifas para todos los países firmantes y sin discriminación entre los bienes importados y los de producción y consumo doméstico. Se concibió un comercio transparente en donde las partes comerciantes pudieran conocer las condiciones para el comercio de los productos y confiabilidad en que las tarifas arancelarias no fueran barreras impuestas arbitrariamente.

Durante la octava Ronda Multilateral de Negociaciones Comerciales denominada Ronda de Uruguay llevada a cabo en 1986 en Punta del Este, Uruguay, los objetivos fueron: profundizar la apertura comercial a nivel internacional, reforzar y dar transparencia a las reglas del comercio mundial e incorporar al GATT a sectores como agricultura y textiles y nuevas áreas como la Propiedad intelectual y Servicios. En el mismo año, México inició su participación en el comercio Internacional al ingresar al GATT con beneficios como el acceso estable y seguro para las exportaciones mexicanas a los mercados internacionales. En materia agrícola, durante la Ronda de Uruguay las negociaciones se centraron en establecer compromisos específicos en materia de acceso a mercados, disminución de subsidios internos y de exportación, y en la mayor transparencia en las reglamentaciones sanitarias y fitosanitarias. Se creó entonces el Comité de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias con el objeto de vigilar y evitar abusos con fines proteccionistas pero surgieron otros factores como barreras comerciales por lo que las negociaciones se enfocaron también en las barreras no arancelarias que incluyen a las regulaciones técnicas, cuotas, subsidios y comercio desleal.

Un evento relevante fue la propuesta de creación de la Organización Mundial de Comercio (OMC) y fue durante la reunión de Marruecos en 1994, donde se tomaron las decisiones ministeriales para la transición del GATT a la OMC iniciando sus actividades el 1º de enero de 1995 con 81 países miembros de todas las regiones del mundo, que representaban más del 90% del comercio internacional de bienes y servicios. Actualmente, la OMC está conformada por 153 países miembros (OMC, 2009a) y se sustenta en los Acuerdos negociados y firmados como el Acuerdo Sobre Agricultura el cual prohíbe el uso de cuotas de importación y licencias y subsidios que distorsionen el comercio; adherido a éste, el Acuerdo sobre la Aplicación de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias (Acuerdo MSF) cuyo objetivo es que los países miembros no utilicen la seguridad alimentaria y la cuarentena como barreras injustificadas en el comercio para proteger a la agricultura interna (OMC, 2009b).

Con base en el Acuerdo MSF, los gobiernos tienen la facultad de imponer restricciones al comercio internacional cuando sea necesaria la protección de riesgos a la salud humana, animal o de los vegetales, siempre que se justifique técnicamente el potencial del riesgo por ausencia de medidas de protección adecuadas. Ante la insuficiente evidencia científica para demostrar el riesgo, los gobiernos pueden tomar precauciones e imponer una medida; en tal caso, deben buscar la evidencia científica y revisar su medida provisional en un tiempo razonable. La aplicación de los estándares internacionales de la Convención Internacional de Protección Fitosanitaria (IPPC, 2009), son elementos sustantivos que aplican los gobiernos para establecer una justificación técnica a una barrera comercial.

Instancias emisoras de normas internacionales

1. Convención Internacional de Protección a las Plantas (CIPF, 1999)

La CIPF es un convenio multilateral de la FAO, aprobada en el sexto período de sesiones de la FAO (noviembre de 1951); entró en vigor el 1º de mayo de 1952. Proporciona las referencias para la protección de los vegetales y constituye la estructura y el foro de cooperación internacional, armonización de normas e intercambio de información sobre la sanidad de las plantas en coordinación con las organizaciones regionales y nacionales de protección vegetal. Su objetivo es prevenir la introducción y dispersión de plagas que afectan a los vegetales y sus productos, así como promover la aplicación de

medidas para su control (CIPF, 2009).

Los países miembros de la CIPF tienen las siguientes responsabilidades: Adoptar medidas legislativas, técnicas y administrativas para el cumplimiento de los objetivos; establecer una organización oficial de protección fitosanitaria; promover organizaciones regionales para atender problemas fitosanitarios comunes; adoptar las disposiciones para la expedición del Certificado Fitosanitario Internacional, y la implantación del sistema de información mundial de plagas, sustentado en los principios de cuarentena vegetal siguientes: Soberanía, necesidad, repercusiones mínimas, modificación, transparencia, armonización, equivalencia, solución de controversias, cooperación, autoridad técnica, análisis de riesgo, actuación ante los riesgos, zonas libres de plagas, medidas de urgencia, notificación de incumplimiento y trato no discriminatorio (CIPF, 2009).

Por conducto del Comité de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias, aprobado en 1997, se revisa anualmente la situación de la protección vegetal en el mundo, la distribución de las plagas y su introducción en áreas en peligro; se establecen y revisan los procedimientos para el desarrollo y adopción de normas internacionales y, se establecen las reglas y procedimientos para la resolución de controversias y fomento de la cooperación con otras organizaciones internacionales (CIPF, 2009).

La Secretaría de la CIPF en coordinación con los Organismos Regionales de Protección a las Plantas, tiene como actividades prioritarias el desarrollo de las **Normas Internacionales de Medidas Fitosanitarias** (NIMF), facilitar el intercambio de información y proporcionar asistencia técnica directamente y por conducto de la FAO.

Las NIMF son elaboradas por la Secretaría de la CIPF como parte del programa mundial de políticas y asistencia técnica en materia de cuarentena que lleva a cabo la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Este programa ofrece a los miembros de la FAO y a las partes interesadas, las normas y directrices para armonizar las medidas fitosanitarias a nivel internacional con el propósito de facilitar el comercio y evitar el uso de medidas injustificadas como obstáculos al comercio (CIPF, 2009).

La Secretaría de la CIPF distribuye las NIMF a todas las Organizaciones Regionales de Protección Fitosanitaria; entre éstas se encuentra la Organización Norteamericana para la Protección a las Plantas (NAPPO, 2009) integrada por México, Canadá y Estados Unidos de Norteamérica y el Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria (OIRSA, 2009) conformado por México, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Panamá y República Dominicana. El resto de Organismos regionales en el mundo, lo constituyen; la Comisión de Protección Fitosanitaria para Asia y el Pacífico, la Comisión de Protección Fitosanitaria para el Caribe, el Comité Regional de Sanidad Vegetal para el Cono Sur, la Comunidad Andina, el Consejo Fitosanitario InterAfricano, la Organización de Protección Fitosanitaria para el Pacífico y la Organización Europea y Mediterránea de Protección a las Plantas. Tales organismos están facultados por la CIPF para emitir normas regionales a las que deben acatarse los países miembros (CIPF, 2009).

2. Oficina Internacional de de Sanidad Animal (OIE)

La OIE, emite la normatividad para la protección y salud animal y la protección de humanos de enfermedades transmitidas por animales. La Organización Mundial del Comercio (OMC) ha reconocido las normas dictadas por la OIE como normas de referencia mundial, que en abril de 2009 contaba con 174 países y territorios Miembro. La OIE mantiene relaciones permanentes con otras 36 organizaciones internacionales y regionales, y dispone de oficinas regionales y sub-regionales en todos los continentes (OIE, 2009).

3. Codex Alimentarius

En inocuidad alimentaria se identifica a las normas, lineamientos y códigos de prácticas de higiene emitidos por la Comisión del *Codex Alimentarius*. Su creación en 1962, se enmarca en la Organización Mundial de la Salud y la FAO. Su objetivo es establecer los estándares que deben cumplir los alimentos para proteger al consumidor y promover el cumplimiento de los acuerdos internacionales. El *Codex Alimentarius* mantiene normas de carácter voluntario en su ejecución. Este código incluye normas, guías, principios y lineamientos de prácticas tecnológicas. Incluye más de 2 500 registros acerca de los límites de residuos de plaguicidas (CODEX, 2009).

4. Organización Internacional para la Normalización (ISO)

La Organización Internacional para la Normalización (ISO por sus siglas en

Inglés) surgida en la postguerra el 23 de febrero de 1947, es una organización no gubernamental, compuesta por representantes de los organismos de normalización nacionales, que produce normas internacionales industriales y comerciales. Dichas normas se conocen como *Normas ISO* y su finalidad es la coordinación de las normas nacionales, en consonancia con el Acta Final de la Organización Mundial del Comercio, con el propósito de facilitar el comercio, facilitar el intercambio de información y contribuir con unos Estándares comunes para el desarrollo y transferencia de tecnologías. México participa por conducto de la Dirección General de Normas en el Comité Técnico ISO/TC 176 Gestión y aseguramiento de la calidad (DGN, 2008).

La ISO, tiene como objetivo la estandarización global que permita asegurar la calidad en los productos. En 1980, se adhiere a los procesos de calidad, aplicables a la industria y actualmente cuenta con gran prestigio a través de las Normas ISO-9000 aplicadas de manera voluntaria y aceptadas por el sector privado. La familia de normas mexicanas NMX-CC se han elaborado para asistir a las organizaciones, en la implementación y la operación de sistemas de gestión de la calidad eficaces. La norma mexicana NMX-CC-9000-IMNC describe los fundamentos de los sistemas de gestión de la calidad y especifica la terminología para los sistemas de gestión de la calidad. La norma NMX-CC-90001-IMNC especifica los requisitos para los sistemas de gestión de la calidad aplicables a toda organización que necesite demostrar su capacidad para proporcionar productos que cumplan los requisitos de sus clientes y los reglamentarios que le sean de aplicación y su objetivo es aumentar la satisfacción del cliente. La norma mexicana equivalente de la ISO 10013:1995 Directrices para la documentación de los sistemas de gestión de la calidad, es la NMX-CC-018:1996 IMNC, Directrices para desarrollar manuales de calidad.

Tanto el *Codex Alimentarius* como las normas mexicanas derivadas de ISO-9000, de aplicación voluntaria, han impactado en el sector dedicado a la producción, proceso y comercialización de alimentos.

Normas Internacionales para Medidas Fitosanitarias (NIMF) de la CIPF relacionadas con la producción y movilización de granos y semillas

Algunas de las normas NIMF publicadas por la CIPF (2009) relacionadas con la movilización internacional de granos y semillas, son:

NIMF. No:

- 2, Directrices para el análisis de riesgo de plagas. FAO, Roma.
- 4, requisitos para el establecimiento de áreas libres de plagas. FAO, Roma.
- 7, Sistema de certificación para la exportación, 1997. FAO, Roma.
- 8, determinación de la situación de una plaga en un área. 1999. FAO, Roma.
- 11, Análisis de riesgo de plagas cuarentenarias. 2001. FAO, Roma.
- 12, Directrices para los certificados fitosanitarios. 2001. FAO, Roma.
- 15, Directrices para reglamentar el embalaje de madera utilizado en el comercio internacional. 2002. FAO, Roma.

Normas Regionales para Medidas Fitosanitarias (NRMF) de la Organización Norteamericana de Protección a las Plantas (NAPPO) relacionadas con la producción y movilización regional de granos y semillas

En la Organización Norteamericana de Protección a las Plantas (NAPPO, 2009) conformada por México, EUA y Canadá, las medidas fitosanitarias tienen como objetivo la protección de la región y evitar la dispersión de plagas; para lograrlo, se emitió la norma regional fitosanitaria para mantener áreas libres de plagas (NRMF 1); otras normas específicas proporcionan las directrices para establecer, mantener y verificar áreas libres de carbón parcial en Norteamérica (NRMF 13) y la norma que especifica el establecimiento, mantenimiento y verificación de áreas de baja prevalencia de insectos plaga (NRMF 20). La necesidad de homologar las técnicas de diagnóstico de plagas motivó a la publicación de la norma regional que establece el procedimiento armonizado para distinguir morfológicamente a las teliosporas del Carbón Parcial Carbón del Ballico (Ryegrass) y Carbón del Arroz (NRMF 21).

Las normas NAPPO proporcionan las directrices para la elaboración de Planes de Trabajo Bilaterales (NRMF 19) y para los programas de verificación en origen (NRMF 2). Se complementan con las que establecen los procedimientos para la acreditación de personas para firmar certificados fitosanitarios federales (NRMF 8) y la acreditación de laboratorios de pruebas fitosanitarias (NRMF 9). Para el manejo de plagas específicas, se han publicado las normas que establecen las directrices para el uso de la irradiación como tratamiento fitosanitario (NRMF 7). En concordancia con la normatividad internacional, se incluyó en la NRMF 11, los requisitos para la importación de material de embalaje y otros materiales de empaque de madera hacia un país miembro de la NAPPO (NAPPO, 2009).

Otra norma sobresaliente por la actualidad del contenido, es la que regula la importación y liberación en el medio ambiente de plantas transgénicas (NRMF 14). En la NAPPO se continúa con la elaboración de proyectos de normas enfocados a la protección fitosanitaria de la región.

Legislación fitosanitaria en México

México sustentó la normatividad fitosanitaria de la CIPF hasta la firma del Tratado de Libre Comercio (TLC) ante el incremento de los riesgos de introducción de plagas de los vegetales. En la dinámica actividad comercial de México, los aspectos fitosanitarios motivaron los cambios estructurales en la legislación correspondiente para garantizar la condición fitosanitaria del país ante el proceso de apertura comercial y los riesgos de introducción de plagas de importancia cuarentenaria, iniciando con la modificación de la Constitución Mexicana de los Estados Unidos Mexicanos al adicionar a la fracción XX del artículo 27 Constitucional, el siguiente texto “...*Asimismo, expedirá la legislación reglamentaria para planear y organizar la producción agropecuaria, su industrialización y comercialización, considerándolas de interés público...*”.

Paulatinamente se aceleró el proceso de modificaciones a las Leyes Nacionales; así, el 1º. de julio de 1992 se publicó en el Diario oficial de la Federación la Ley Federal sobre Metrología y Normalización (DOF, 1992) y actualmente contiene las reformas publicadas el 28 de julio de 2006; en el Título Tercero del documento se sustenta lo relativo a la normalización con los siguientes objetivos: fomentar la transparencia y eficiencia en la elaboración y observancia de normas oficiales mexicanas (NOM) y normas mexicanas (NMX); instituir la Comisión Nacional de Normalización; establecer un procedimiento uniforme para la elaboración de las metodologías para la emisión de NOM y NMX; promover la concurrencia de los sectores público, privado, científico y de consumidores en la elaboración y observancia de las normas; coordinar las actividades de normalización, certificación, verificación y laboratorios de prueba de las dependencias de la administración pública federal; establecer el sistema nacional de acreditamiento de organismos de normalización y de certificación, unidades de verificación y de laboratorios de prueba y, divulgar las acciones de normalización y demás actividades relacionadas con la materia (DOF, 1992).

El 5 de enero de 1994, se publicó en el DOF la Ley Federal de Sanidad Vegetal (LFSV) y en la actualidad contiene las reformas publicadas el 26 de julio de 2007 con la que se derogó a la anterior Ley Fitopecuaria de los Estados Unidos Mexicanos. La LFSV tiene entre otros objetivos promover y vigilar la observancia de las disposiciones fitosanitarias, diagnosticar y prevenir la diseminación e introducción de plagas de los vegetales, sus productos y subproductos, establecer medidas fitosanitarias y regular la efectividad biológica, aplicación, uso y manejo de insumos, así como el desarrollo y prestación de actividades y servicios fitosanitarios (DOF, 1994).

La publicación de la LFSV en 1994, dio inicio en México a la emisión de medidas fitosanitarias establecidas en Normas Oficiales Mexicanas Fitosanitarias (que sustituyeron a la expedición de disposiciones legislativas en diversos formatos como circulares, decretos, cuarentenas exteriores e interiores, entre otras), para la prevención, control, confinamiento y erradicación de plagas de importancia económica y de interés cuarentenario, mismas que hacen fluida la operación de los acuerdos de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias de la Organización Mundial del Comercio (OMC) y de los tratados comerciales de los que México es signatario mediante el uso del Certificado Fitosanitario Internacional en sustitución de las autorizaciones fitosanitarias de importación; asimismo, la participación de personas físicas y morales aprobadas por la Secretaría, para actuar como Organismos Nacionales de Normalización, Organismos de Certificación, Unidades de Verificación, Terceros especialistas fitosanitarios y Laboratorios de Prueba, acciones que sustituyeron las actividades que eran realizadas únicamente por la autoridad oficial.

La modificación de la Ley Federal de Sanidad Vegetal de 2007 incorpora, entre otros, los artículos relativos a la conformación del Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria y a la Dirección General de Inocuidad Alimentaria.

Los cambios en las leyes relacionadas con la producción y movilización de los vegetales, dieron la pauta para la emisión de Normas Oficiales Mexicanas Fitosanitarias agrupadas para su mejor comprensión en: a) Cuarentenas exteriores; b) Requisitos fitosanitarios; c) Campañas fitosanitarias. Asimismo, se emiten acuerdos que establecen disposiciones de carácter obligatorio.

Para evaluar el grado de cumplimiento de la normatividad fitosanitaria se estableció el procedimiento de la Evaluación de la conformidad con base en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; en este proceso adquiere relevancia la participación de las personas físicas y morales constituidas como Organismos de Certificación, Organismos de Acreditación, Laboratorios de Pruebas, Unidades de Verificación y Terceros Especialistas Fitosanitarios para participar en coadyuvancia con la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.

Los avances más sustanciales logrados al interior de México para implementar el Acuerdo MSF de la OMC, ha sido la publicación de Normas Oficiales Mexicanas Fitosanitarias, el fortalecimiento del servicio cuarentenario y la profesionalización del servicio de inspección fitosanitaria internacional en puertos marítimos, aeropuertos y aduanas fronterizas, lo anterior, como la parte sustantiva de la Dirección General de Inspección Fitozoosanitaria (DGIF), instancia que controla y supervisa la actividad de inspección en los puntos de ingreso a México y verifica la sanidad de los productos agropecuarios de importación, mediante la aplicación de la normatividad vigente (Carreón, 1996; SENASICA, 2009). Al interior del país, el establecimiento de las campañas fitosanitarias, en las que participan de manera tripartita el gobierno federal, gobiernos estatales y los productores organizados, han permitido el control de plagas agrícolas de importancia económica en granos como el frijol, maíz, trigo y sorgo mediante campañas de prioridad nacional o voluntarias, de interés local.

Normas Oficiales Mexicanas Fitosanitarias

La Norma Oficial Mexicana (NOM) es la regulación técnica de observancia obligatoria expedida por la dependencia correspondiente, conforme a las finalidades previstas por la Ley Federal sobre Metrología y Normalización (LFMN) que establece reglas, especificaciones, atributos y directrices que responden al objetivo de proteger a la vida, la salud y al medio ambiente. La NOM cumple con las finalidades del artículo 40 de la LFMN, su cumplimiento es factible y verificable y se integra anualmente en el Programa Nacional de Normalización. Las finalidades del Artículo 40 de la LFMN son: la protección a las personas, la salud humana, animal o vegetal, el medio ambiente general y laboral y preservación de los recursos naturales, a las vías generales de comunicación e información al consumidor o usuario, y apoyos a las

denominaciones de origen (DOF, 1992).

Los proyectos de NOM fitosanitarias son elaborados por la DGSV con base en el artículo 44 de la LFMN, por conducto del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Protección Fitosanitaria (CONAPROF) (DOF, 1994), en el que participan los sectores relacionados en la formulación, promoción y establecimiento de los mecanismos para el cumplimiento de las normas. El CONAPROF se conforma por representantes de los sectores oficial, científico, industrial, productivo y consumidor integrados en los Subcomités de: a) Regulación cuarentenaria, b) Campañas fitosanitarias, c) Campaña nacional contra moscas de la fruta, d) Servicios e insumos fitosanitarios, e) Técnicas fitosanitarias, f) Semillas y Descriptores Varietales, y g) Insumos de Nutrición Vegetal (DOF, 2000; Torres *et al.*, 2005).

El carácter de norma vigente se obtiene al someter un proyecto de norma al análisis y discusión ante el CONAPROF, inicialmente publicada como un proyecto de NOM y la LFMN otorga un periodo de 60 días para recibir comentarios por parte de los sectores interesados; las respuestas a los comentarios emitidos por los sectores participantes son publicados en el DOF por las autoridades fitosanitarias. A los cinco años de su publicación, la NOM es revisada por los Subcomités del CONAPROF, como lo señala el artículo 51 de la LFSMN. La DGSV debe solicitar a la Comisión Nacional de Normalización de la Dirección General de Normas, la vigencia, modificación o la derogación de una norma oficial conforme a las causas de su expedición.

Las NOM's son publicadas en el DOF para entrar en vigor y su publicación puede corresponder a una emergencia fitosanitaria, en cuyo caso la DGSV está facultada por el artículo 49 de la LFSMN para publicarla sin la aprobación del CONAPROF, con una vigencia de 6 meses, pudiendo extenderse por única ocasión durante un período similar (DOF, 1992). Las NOM's, están sustentadas en principios científicos, considerando a las diferentes condiciones geográficas, la regionalización de los cultivos agrícolas y de las plagas asociadas; están basadas en una evaluación de costo-beneficio que incluya el Análisis de riesgo de Plagas y toman en cuenta a las normas, directrices o recomendaciones internacionales correspondientes, y se cancelan cuando ya no existen las bases científicas que las sustentaron (DOF, 1992).

En el aspecto legal, los proyectos de normas oficiales mexicanas se complementan con la Manifestación de Impacto Regulatorio (MIR), la que explica la finalidad de la regulación¹ y en la que se describen los objetivos, la problemática que dio origen a la regulación con sus bases científicas y técnicas, las acciones regulatorias propuestas, los mecanismos para asegurar la aplicación y la descripción de los trámites creados o modificados. La MIR es presentada por la SAGARPA ante la Comisión Federal de Mejora Regulatoria (COFEMER), dependiente de la Secretaría de Economía, en donde se analizan los antecedentes normativos de la propuesta en particular y las ventajas y desventajas de su publicación (COFEMER, 2009).

Ante el auge de la regulación de productos vegetales, se estableció la primera “Moratoria Regulatoria” con vigencia al 29 de abril de 2005 mediante el Acuerdo emitido por el Ejecutivo Federal, publicado en el DOF el 12 de mayo de 2004, que tuvo por objeto suspender la emisión de regulaciones como un componente en la estrategia para la promoción de la competitividad. El procedimiento también tuvo por objetivo depurar y mejorar las regulaciones vigentes. La Moratoria Regulatoria hizo excepción a la publicación de regulaciones en casos de emergencia, a las obligaciones contenidas en Leyes y Reglamentos, al cumplimiento de compromisos internacionales, a actualizaciones periódicas, y cuando los beneficios de la regulación fuesen notoriamente superiores a los costos.

Normas específicas relacionadas con la producción y movilización de granos

Regulación fitosanitaria para grano y semilla de trigo

La producción nacional de trigo está regulada por la Norma Oficial Mexicana **NOM-001-FITO-2001, Por la que se establece la campaña contra el carbón parcial del trigo**, publicada en el Diario oficial de la Federación el viernes 8 de febrero de 2002, modificada el 8 de diciembre de 2008 y tiene como objetivo establecer los lineamientos para proteger a los cultivos de trigo *Triticum aestivum* L. (trigo harinero), *T. durum* (trigo duro o cristalino) y Triticale; mediante el establecimiento de medidas fitosanitarias que se deben cumplir para prevenir, confinar y controlar el carbón parcial del trigo *Tilletia indica* Mitra, así como los

¹ La **Regulación** es un acto administrativo de carácter general, que expiden las dependencias y organismos descentralizados, constituidos en Acuerdos, Normas Oficiales Mexicanas, circulares, lineamientos, criterios, metodologías, instructivos, directivas, reglas, y cualesquiera de naturaleza análoga, que impliquen costos de cumplimiento para los particulares (COFEMER, 2009).

requisitos fitosanitarios que deben aplicarse para evitar su diseminación a zonas libres del hongo. Es aplicable a los productos y subproductos del trigo como las plantas, granos y semilla, paja, cascarilla y rastrojo; a las industrializadoras (harineras y fábricas de pastas y galletas), a las áreas de producción (campos para producción de grano de trigo y triticale para consumo y semilla), instalaciones e implementos (centros de acopio de trigo y triticale, beneficiadoras de semilla, cosechadoras de trigo y triticale, sembradoras, equipos para beneficio de semillas de trigo y triticale, y otros equipos utilizados en el manejo de granos y semillas de trigo y triticale); los medios de transporte de trigo y triticale (vehículos, contenedores y tolvas) y la comercialización (empresas comercializadoras de grano y semilla de trigo y triticale) (DOF, 2002a).

Para el reconocimiento de zonas libres de carbón parcial, se aplica la Norma Oficial Mexicana **NOM-069-FITO-1995, Para el establecimiento y reconocimiento de zonas libres de plagas**, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 18 de noviembre de 1998 y la modificación del 26 de noviembre de 2008, la cual tiene como objetivo establecer los requisitos para la determinación, establecimiento y reconocimiento de zonas libres de plagas, a fin de que los vegetales, sus productos y subproductos que se produzcan en zonas libres se movilicen sin necesidad de aplicar medidas fitosanitarias adicionales. La norma es aplicable a la(s) plaga(s) objetivo especificada(s) en la propuesta de zona libre, al área geográfica propuesta para su reconocimiento como zona libre, a los centros de comercialización, empacadoras, corredoras, distribuidoras, industrializadoras, transportes de carga en general, puntos de verificación interna, autotransportes, terminales de ferrocarril, autobuses y paquetería, puertos, aeropuertos y fronteras, localizados dentro de los confines de la zona libre, la cual es el área geográfica determinada en la cual se ha eliminado o no se han presentado casos positivos de una plaga de vegetales específica, durante un periodo determinado, de acuerdo con las medidas fitosanitarias aplicables establecidas por la Secretaría (DOF, 1998).

La importación de grano y semilla de trigo se regula mediante la Norma Oficial Mexicana **NOM-017-FITO-1995, Por la que se establece la cuarentena exterior para prevenir la introducción de plagas del trigo**, publicada en el Diario Oficial de la Federación el jueves 5 de diciembre de 1996 y tiene como objetivo el prevenir la introducción al territorio mexicano de plagas de importancia cuarentenaria que afectan al cultivo del trigo, mediante el

establecimiento de regulaciones y medidas fitosanitarias para la importación de productos derivados del trigo; es aplicable a las plantas, semilla para siembra y grano de trigo. La norma incluye a las plagas y los países de los que se prohíbe el ingreso a México de los productos y subproductos de trigo, mientras que se considera de cuarentena parcial al grano de trigo para consumo y semilla de trigo para siembra siempre que se realice el Análisis de Riesgo de Plagas conforme a lo establecido en la Norma Oficial Mexicana **NOM-006-FITO-1995, Por la que se establecen los requisitos mínimos aplicables a situaciones generales que deberán cumplir los vegetales, sus productos y subproductos que se pretendan importar cuando éstos no estén establecidos en una norma oficial específica** y los requisitos que se establecen en la Norma Oficial Mexicana **NOM-005-FITO-1995, Por la que se establece la cuarentena exterior para prevenir la introducción del gorgojo khapra** (DOF, 1996a).

Regulación para el grano y semilla de maíz

La Norma Oficial Mexicana **NOM-018-FITO-1995, Por la que se establece la cuarentena exterior para prevenir la introducción de plagas del maíz**, publicada en el Diario Oficial de la Federación el martes 10 de diciembre de 1996, tiene por objetivo prevenir la introducción al territorio nacional de plagas cuarentenarias del maíz, mediante el establecimiento de regulaciones y medidas fitosanitarias para la importación de los productos derivados de ese cultivo y por lo cual es aplicable a las plantas, semillas y granos de maíz, así como sus envases y empaques. La norma incluye a las plagas y los países de los que se prohíbe el ingreso a México de los productos y subproductos de maíz, mientras que se considera de cuarentena parcial al grano de maíz para consumo, maíz palomero y semilla de maíz para siembra, siempre que se realice el Análisis de Riesgo de Plagas conforme a lo establecido en la Norma Oficial Mexicana **NOM-006-FITO-1995, Por la que se establecen los requisitos mínimos aplicables a situaciones generales que deberán cumplir los vegetales, sus productos y subproductos que se pretendan importar cuando éstos no estén establecidos en una norma oficial específica** y los requisitos que se establecen en la Norma Oficial Mexicana **NOM-005-FITO-1995, Por la que se establece la cuarentena exterior para prevenir la introducción del gorgojo khapra** (DOF, 1996b).

Regulación para semilla de sorgo

La Norma Oficial Mexicana **NOM-078-FITO-2000, Regulación fitosanitaria**

para prevenir y evitar la diseminación del ergot del sorgo, publicada en el Diario Oficial de la Federación el viernes 9 de junio de 2000, modificada el 26 de noviembre de 2008, tiene por objeto establecer las medidas y regulaciones fitosanitarias para la producción, comercialización, inspección y certificación fitosanitaria de semilla de sorgo para prevenir la diseminación de esclerocios y esporas del Ergot del sorgo y es aplicable a grano de sorgo que se utilizará para semilla (DOF, 2000a).

Normas de aplicación general a diversos granos y semillas

Regulación fitosanitaria para la producción nacional de granos y semillas

En la producción nacional de granos, la regulación de plagas se realiza con la Norma Oficial Mexicana **NOM-081-FITO-2001, Manejo y eliminación de focos de infestación de plagas, mediante el establecimiento o reordenamiento de fechas de siembra, cosecha y destrucción de residuos**, publicada en el Diario Oficial de la Federación el miércoles 18 de septiembre de 2002 y modificada el 26 de noviembre de 2008, la cual tiene por objeto establecer las disposiciones fitosanitarias que se deberán realizar para la prevención, detección, manejo, eliminación y/o destrucción de focos de infestación de plagas que representen riesgo para la agricultura nacional y las disposiciones son aplicables a los productos y subproductos agrícolas, áreas de producción (predios agrícolas para producción comercial y/o investigación, invernaderos y viveros), materias primas, desechos y procesos de agroindustrias, centros de acopio, almacenamiento y/o comercialización de productos agrícolas, predios de uso diferentes al agrícola, vías de comunicación, drenes, accesos y cuerpos de agua y otros procesos o instalaciones de los que se determine oficialmente la relación con focos de infestación de plagas. Incluye en su lista de plagas reguladas al carbón volador (*Ustilago tritici*), carbón de la espiga del maíz (*Sphacelotheca reiliana*), chapulín (*Brachystola sp.*, *Melanoplus sp.* y *Sphenarium sp.*), roya de la hoja de trigo (*Puccinia recondita f.s.p tritici*) y a los roedores de campo (*Rattus rattus*, *R. norvergicus* y *Sigmodon hispidus*) (DOF, 2002b).

Regulación Fitosanitaria para la importación de granos y semillas

La Secretaría de Salud regula la importación de granos mediante la Norma Oficial Mexicana **NOM-188-SSA1-2002, Productos y Servicios. Control de Aflatoxinas en cereales para consumo humano y animal. Especificaciones sanitarias**, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 15 de octubre de

2002. La norma tiene como objetivo establece el límite máximo permisible de aflatoxinas en los cereales destinados para el consumo humano y animal, así como los lineamientos y requisitos sanitarios para el transporte y almacenamiento de los productos. Es de observancia obligatoria en el Territorio Nacional para las personas físicas o morales que se dedican al proceso de granos y a la importación.

La Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo rural, Pesca y Alimentación, regula la importación de los granos y semillas mediante las Normas Oficiales Mexicanas siguientes:

Norma Oficial Mexicana **NOM-005-FITO-1995, Por la que se establece la cuarentena exterior para prevenir la introducción del gorgojo Khapra**, publicada en el Diario Oficial de la Federación el jueves 4 de julio de 1996 y las modificaciones realizadas en 2001, 2002, 2004, 2007 y 2008. La norma tiene como objetivo establecer las medidas fitosanitarias para prevenir la introducción del gorgojo khapra al territorio mexicano y es aplicable a los productos y subproductos vegetales comprendidos en la propia Norma, al material de embalaje o empaque, así como a los transportes utilizados para la movilización internacional cuando son originarios de los países incluidos en la Norma. Se incluye a los productos procedentes de países con cuarentena absoluta y cuarentena parcial (DOF, 1996). La NOM-005-FITO-1995 derogó a la cuarentena Exterior Número 14 contra el gorgojo Khapra *Trogoderma granairum* Everts, publicada el 20 de diciembre de 1954 (SAG, 1968).

La Norma Oficial Mexicana **NOM-028-FITO-1995, Por la que se establecen los requisitos fitosanitarios y especificaciones para la importación de granos y semillas, excepto para siembra**, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 12 de octubre de 1998 y modificada el 28 de junio de 2006, tiene por objetivo establecer los requisitos y especificaciones fitosanitarias para los granos y semillas que no sean utilizadas para siembra, de importación directa y reexportación a nuestro país, a fin de prevenir la introducción de plagas cuarentenarias a México. Las disposiciones de la Norma se aplican a los productos y países indicados y a los medios de transporte y material de embalaje o empaque. En la norma se incluyen los requisitos para la importación directa de granos y semillas, excepto para siembra, dependiendo de su origen y para los originarios de países con presencia del gorgojo Khapra *Trogoderma granarium* Everts (DOF, 1998).

La Norma Oficial Mexicana **NOM-043-FITO-1999, Especificaciones para prevenir la introducción de malezas cuarentenarias a México**, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 1 de marzo de 2000 y tiene por objeto establecer las especificaciones para prevenir la introducción y el eventual establecimiento y dispersión de especies de malezas de importancia cuarentenaria. Las disposiciones son aplicables a las especies de maleza incluidas en la Norma, los vegetales, sus productos y subproductos no procesados, a los materiales y equipo utilizados como embalaje o empaque y a los campos de producción, centros de acopio y comercializadoras de granos y/o semillas agrícolas susceptibles de ser portadoras de malezas de importancia cuarentenaria que hayan ingresado a México y los transportes utilizados para su movilización internacional y nacional. La norma incluye a 62 especies y 3 géneros de maleza cuarentenaria (DOF, 2000b).

La Norma Oficial Mexicana **NOM-022-FITO-1995, Por la que se establecen las características y especificaciones para el aviso de inicio de funcionamiento y certificación que deben cumplir las personas morales interesadas en prestar los servicios de tratamientos fitosanitarios a vegetales, sus productos y subproductos de importación, exportación o de movilización nacional**, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 2 de enero de 1997 y modificada el 8 de agosto de 2008, tiene por objeto establecer los requisitos y especificaciones que deben cumplir las personas morales interesadas en la instalación de una empresa para la prestación de los servicios de tratamientos fitosanitarios a los vegetales, sus productos o subproductos de importación, exportación o movilización nacional; así como, los procedimientos para la aplicación de los tratamientos fitosanitarios como la fumigación, fumigación al vacío, irradiación, nebulización y tratamiento hidrotérmico y en frío. Las disposiciones son aplicables a personas morales constituidas como empresas de tratamientos fitosanitarios (DOF, 1997a).

La Norma Oficial Mexicana **NOM-006-FITO-1995, Por la que se establecen los requisitos mínimos aplicables a situaciones generales que deberán cumplir los vegetales, sus productos y subproductos que se pretendan importar cuando éstos no estén establecidos en una norma oficial específica**, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 2 de enero de 1997 y modificada el 26 de noviembre de 2008., tiene por objeto establecer los lineamientos generales que deberán cumplir, para su importación, los vegetales, sus productos y subproductos comprendidos en una norma oficial, cuando los

requisitos fitosanitarios correspondientes no estén señalados en una norma oficial específica. Es aplicable a los productos comprendidos en una norma oficial y los que requieren del cumplimiento de requisitos fitosanitarios para su ingreso a México (DOF, 1997b).

CONSIDERACIONES GENERALES

El proceso de la normatividad fitosanitaria en México, iniciado a partir de la firma del TLC, ha sido agilizado y aumenta el número de representantes de los sectores involucrados que participan en una constante acumulación de experiencias y han sido sobresalientes las iniciativas de México en la elaboración de las normas regionales en la NAPPO y normas internacionales de la CIPF. Aunque es prioritaria la regulación para varios de los productos vegetales que se comercializan, el Análisis de Riesgo de Plagas para la emisión de la hoja de requisitos ha sido la actividad constante, particularmente cuando corresponde a una introducción de productos de nuevo ingreso a México o de aquellos provenientes de países con riesgo de plagas cuarentenarias.

Debido al dinamismo de las plagas agrícolas de importancia económica del país, los registros deberán sustentarse en las normas internacionales para mantener vigente la lista oficial de plagas agrícolas, como punto de partida para la elaboración del Análisis de Riesgo de Plagas.

La consolidación de programas de capacitación a profesionales, técnicos y productores agrícolas y la mejora en los mecanismos para la aplicación de la legislación fitosanitaria en México, ha dado seguridad en alcanzar la “capacidad” y “competitividad” para permanecer en la actual globalización y en donde cada día, un mayor número de aranceles son eliminados en los tratados, acuerdos y convenios comerciales, mientras que los aspectos fitosanitarios continuarán vigentes.

CONCLUSIONES

1. El desarrollo de la regulación fitosanitaria en México ha sido un proceso constante hasta establecer las medidas fitosanitarias sustentadas en el marco regulatorio internacional, para hacer válida la soberanía en la protección fitosanitaria interna y para establecer las reglas en las importaciones y exportaciones.
2. La regulación fitosanitaria en México está fundamentada de manera técnica y científica y se establece, en mayor proporción, como resultado de la aplicación del Análisis de Riesgo de Plagas, con base en la observación al Acuerdo-MSF de la OMC.
3. Las medidas fitosanitarias establecidas en Normas oficiales Mexicanas son instrumentos que mantienen a los productos mexicanos con alta competitividad y apertura en los mercados nacionales e internacionales. La aplicación de medidas fitosanitarias en México se fundamenta, estrictamente, en los lineamientos internacionales de la Convención Internacional de Protección Fitosanitaria y el aspecto comercial mantiene sus bases en el Acuerdo MSF de la OMC.
4. La comercialización de productos agrícolas mexicanos, libres de plagas y sin residuos de plaguicidas, se ha logrado en gran medida por la aplicación de las regulaciones fitosanitarias que incorporan el manejo integrado de plagas y la declaratoria de zonas libres de plagas, con la participación de las autoridades federales, estatales y los productores agrícolas.
5. Las medidas fitosanitarias se establecieron en NOM's de aplicación obligatoria en todo el territorio nacional, el cumplimiento corresponde a la parte del sector agrícola del país que pretenda alcanzar la máxima calidad fitosanitaria en la producción agrícola, para el consumo local o de exportación.
6. La implementación de programas relacionados con la aplicación del Acuerdo-MSF de la OMC en los *Curricula* de las instituciones de enseñanza agrícola del país, y el intercambio técnico-científico entre las regiones fitosanitarias, fortalecerá las acciones para mantener áreas libres de plagas cuarentenarias y la comercialización de productos inocuos.

BIBLIOGRAFIA

- Carreón, Z. M.A. 1996. **Proceso de integración del Comercio Libre de las Américas y el papel de la Fitosanidad.** En: Memoria de la Tercera Reunión Anual del Consejo Nacional Consultivo Fitosanitario. CONACOFI. 16-17 de noviembre de 1996. Chapingo, México. Pp. 27-44. ISBN 968-800-425-1
- CIPF. 2009. **Convención Internacional de Protección Fitosanitaria.** (En línea). Disponible en <https://www.ippc.int/servlet/ervlet?status=ND0zNzk1OS4xMzc0MiY2PWVzJjMzPXB1YmxpY2F0aW9ucyYzNz1pbmZv>
- CODEX. 2009. **Codex alimentarius.** Normas oficiales del Codex. (En línea). Disponible en http://www.codexalimentarius.net/web/standard_list.do?lang=es
- COFEMER. 2009. **Comisión Federal para la Mejora Regulatoria.** (En línea). Disponible en www.cofemer.gob.mx
- CIPF. 2009. **Convención Internacional de Protección Fitosanitaria.** FAO. 1992. Roma. 91p. (En línea). Disponible en <https://www.ippc.int> (consultada en mayo, 2009).
- Córdova, A. 1997. **La globalización y el Estado.** Revista Nexos. Núm. 233. México. 32 p.
- DGN. 2008. **Norma Mexicana IMNC. Sistema de gestión de la calidad-Fundamentos y vocabulario. ISO-9000-2005. COPANT/ISO-9000-2005. NMX-CC-9000-IMNC-2008.** Dirección General de Normas.
- DGN. 2008. **Norma Mexicana IMNC. Sistema de gestión de la calidad-Requisitos. ISO-9001-2005. COPANT/ISO-9001-2005. NMX-CC-9000-IMNC-2008.** Dirección General de Normas.
- DGSV. 2000. **Comisión Nacional de Sanidad Agropecuaria. Dirección General de Sanidad Vegetal.** Legislación y Normatividad Fitosanitaria. Fitófilo. Edición Especial. No. 91, SAGAR. Agosto 2000. Año L. 72 p.
- DOF. 1992. **Ley Federal sobre Metrología y Normalización.** Decreto del H. Congreso de los Estados Unidos Mexicanos. Diario Oficial de la Federación (DOF), 01 de julio de 1992. 76 p. En línea: <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/doc/1.doc>
- DOF. 1993. **Tratado de Libre Comercio. Sección B. Medidas Sanitarias y Fitosanitarias.** Diario oficial de la Federación. 20 de diciembre de 1993.
- DOF. 1994. **Ley Federal de Sanidad Vegetal.** Decreto del H. Congreso de los

Estados Unidos Mexicanos. Diario Oficial de la Federación (DOF), 5 de enero de 1994. 48 p.

- DOF. 1996. **Norma Oficial Mexicana NOM-005-FITO-1995**. Por la que se establece la cuarentena exterior para prevenir la introducción del gorgojo Khapra, publicada en el Diario Oficial de la Federación el jueves 4 de julio de 1996 y las modificaciones realizadas en 2001, 2002, 2004, 2007 y 2008. (En línea). Disponible en <http://148.243.71.63/default.asp?doc=558> (Consultada en mayo, 2009).
- DOF. 1996a. **Norma Oficial Mexicana NOM-017-FITO-1995**. Por la que se establece la cuarentena exterior para prevenir la introducción de plagas del trigo, publicada en el Diario Oficial de la Federación el jueves 5 de diciembre de 1996, modificada el 26 de noviembre de 2008. (En línea). Disponible en <http://148.243.71.63/default.asp?doc=614> (Consultada en mayo, 2009).
- DOF. 1996b. **Norma Oficial Mexicana NOM-018-FITO-1995**. Por la que se establece la cuarentena exterior para prevenir la introducción de plagas del maíz, publicada en el Diario Oficial de la Federación el martes 10 de diciembre de 1996, modificada el 26 de noviembre de 2008. (En línea). Disponible en <http://148.243.71.63/default.asp?doc=615> (Consultada en mayo, 2009).
- DOF. 1997a. **Norma Oficial Mexicana NOM-022-FITO-1995**. Por la que se establecen las características y especificaciones para el aviso de inicio de funcionamiento y certificación que deben cumplir las personas morales interesadas en prestar los servicios de tratamientos fitosanitarios a vegetales, sus productos y subproductos de importación, exportación o de movilización nacional, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 2 de enero de 1997 y modificada el 8 de agosto y 26 de noviembre de 2008. (En línea). Disponible en <http://148.243.71.63/default.asp?doc=617> (Consultada en mayo, 2009).
- DOF. 1997b. **Norma Oficial Mexicana NOM-006-FITO-1995**. Por la que se establecen los requisitos mínimos aplicables a situaciones generales que deberán cumplir los vegetales, sus productos y subproductos que se pretendan importar cuando éstos no estén establecidos en una norma oficial específica, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 2 de enero de 1997 y modificada el 26 de noviembre de 2008. (En línea). Disponible en <http://148.243.71.63/default.asp?doc=560> (Consultada en mayo, 2009).

- DOF. 1998. **Norma Oficial Mexicana NOM-028-FITO-1995**. Por la que se establecen los requisitos fitosanitarios y especificaciones para la importación de granos y semillas, excepto para siembra, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 12 de octubre de 1998 y modificada en 2006 y 2008. (En línea). Disponible en <http://148.243.71.63/default.asp?doc=619> (Consultada en mayo, 2009).
- DOF. 1998. **Norma Oficial Mexicana NOM-069-FITO-1995**. Para el establecimiento y reconocimiento de zonas libres de plagas. DOF. 18 de noviembre de 1998. (En línea). Disponible en <http://148.243.71.63/default.asp?doc=624>
- DOF. 2000a. **Norma Oficial Mexicana NOM-078-FITO-2000**. Regulación fitosanitaria para prevenir y evitar la diseminación del ergot del sorgo, publicada en el Diario Oficial de la Federación el viernes 9 de junio de 2000, modificada el 26 de noviembre de 2008. (En línea). Disponible en <http://148.243.71.63/default.asp?doc=625> (Consultada en mayo, 2009).
- DOF. 2000b. **Norma Oficial Mexicana NOM-043-FITO-1999**. Especificaciones para prevenir la introducción de malezas cuarentenarias a México, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 1 de marzo de 2000 y modificada en 26 de noviembre de 2008. (En línea). Disponible en <http://148.243.71.63/default.asp?doc=715> (Consultada en mayo, 2009).
- DOF. 2002a. **Norma Oficial Mexicana NOM-001-FITO-2001**. Por la que se establece la campaña contra el carbón parcial del trigo, publicada en el Diario oficial de la Federación el viernes 8 de febrero de 2002. (En línea). Disponible en <http://148.243.71.63/default.asp?doc=626>(Consultada en mayo, 2009).
- DOF. 2002b. **Norma Oficial Mexicana NOM-081-FITO-2001**. Manejo y eliminación de focos de infestación de plagas, mediante el establecimiento o reordenamiento de fechas de siembra, cosecha y destrucción de residuos, publicada en el Diario Oficial de la Federación el miércoles 18 de septiembre de 2002 y modificada el 26 de noviembre de 2008. (En línea). Disponible en <http://148.243.71.63/default.asp?doc=702> (Consultada en mayo, 2009).
- Heimpel, G. S. 2000. **The multilateral trading system and the SPS Agreement**. *In: Quarantine and Market Access*. Forum Proceedings. Green Words & Images, Canberra (ed.). Commonwealth of Australia. 6-7 sept. 2000. Australia. (En línea). Disponible en http://www.wto.org/spanish/thewto_s/whatis_s/tif_s/agrm4_s.htm Pp. 23-30.

- IPPC. 2009. **Normas Internacionales para Medidas Fitosanitarias. Convención Internacional de Protección Fitosanitaria.** FAO. (En línea). Disponible en <https://www.ippc.int/servlet/CDSServlet?status=ND0xMzM5OSY2PWVzJjMzPSomMzc9a29z> (Consultado en mayo, 2009).
- NAPPO. 2009. **North American Plant Protection Organization.** (En línea). Disponible en <http://nappo.org/>
- NIMF. 1996. **Directrices para el análisis de riesgo de plagas. Norma Internacional para Medidas Fitosanitarias.** Publicación No. 2. FAO, Roma. (Consultado en mayo, 2009). (En línea). Disponible en <https://www.ippc.int/servlet/CDSServlet?status=ND0xMzM5OSY2PWVzJjMzPSomMzc9a29z>
- NIMF. 1998. **Directrices para los programas de erradicación de plagas. NIMF.** Publicación No. 9. FAO, Roma. (En línea). Disponible en <https://www.ippc.int/servlet/CDSServlet?status=ND0xMzM5OSY2PWVzJjMzPSomMzc9a29z> (Consultado en mayo, 2009).
- OIE. Sin año. **Organización Internacional de Sanidad Animal.** (En línea). Disponible en http://www.oie.int/esp/es_index.htm (Consultado en mayo, 2009).
- OIRSA. 2009. **Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria. OIRSA.** (En línea). Disponible en <http://www.pirsa.org/portal/Default.aspx> (Consultada en mayo, 2009)
- OMC. 2009a. **Organización Mundial de Comercio.** (En línea). Disponible en <http://www.wto.org/> (Consultado en mayo, 2009).
- OMC. 2009b. **Acuerdo sobre la Aplicación de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias.** (En línea). Disponible en http://www.wto.org/spanish/docs_s/legal_s/15sps_01_s.htm (Consultado en mayo, 2009).
- SAG, 1968. **Legislación Fitosanitaria Vigente. Dirección General de Sanidad Vegetal.** Departamento de Aplicación Cuarentenaria. Secretaría de Agricultura y Ganadería. SAG. 171 p.
- Torres R., C., L. A. Villarreal G., M. Ramírez del A., y J. C. Ramírez, S. 2005. **Campañas fitosanitarias en México.** In: Memoria del Seminario de Verano del Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas "Bioseguridad y Protección Fitosanitaria en la Globalización Comercial. Valdivia de O. E., F. J. Trujillo A. y J. Sánchez E. (Coordinadores). Universidad Autónoma Chapingo y Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. Pp. 71-118.

Trujillo A. J. 1996. **Temas actuales de Armonización Fitosanitaria en Norteamérica y el mundo.** En: Memoria de la Tercera Reunión Anual del Consejo Nacional Consultivo Fitosanitario. CONACOFI. 16-17 de noviembre de 1996. Chapingo, México. Pp. 47-71. ISBN 968-800-425-1.

Ma. Martha Aguilera Peña

Doctora y Maestra en Ciencias, Especialidad en Entomología y Acarología por el Colegio de Postgraduados, México. Licenciatura en Biología por la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza por la Universidad Nacional Autónoma de México. Coordinadora del Consejo Nacional Consultivo Fitosanitario.



Consejo Nacional Consultivo Fitosanitario

MANEJO Y ALMACENAMIENTO DE SEMILLAS FORESTALES

Rosa Martínez Ruiz
Gustavo E. Rojo Martínez
Jesús Jasso Mata
Pascual Vázquez Peñate

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se ha preparado como un elemento de apoyo práctico para profesionales que se dedican al manejo y almacenamiento de semillas forestales. Cada vez más en el mercado forestal se solicitan análisis de semillas a los laboratorios especializados. Los objetivos del análisis pueden variar desde tener interés en conocer algunos aspectos de la semilla para comprarla, hasta conocer sus características morfofisiológicas para prepararla para la siembra o un para largo período de almacenaje. Difícilmente el análisis se solicita para satisfacer los tres objetivos simultáneamente en donde para caso, se requiere información diferente.

Cuando se quiere comprar una semilla, normalmente, los datos se requieren con rapidez para tomar la decisión más adecuada y debidamente respaldada por lo tanto, se necesita conocer, en el más breve tiempo posible, algunos atributos tales como pureza, número de semillas por kg y probablemente, viabilidad. En cambio cuando la semilla se desea utilizar con la debida anticipación, se deben conocer además variables tales como capacidad y energía germinativa. Si el análisis se solicita para preparar la semilla para almacenaje, es indispensable conocer además, el contenido de humedad de la misma. Saber exactamente que se desea conocer de la semilla y para qué, normalmente, se traduce en ahorro de tiempo y dinero cuando se solicita el servicio de un laboratorio especializado.

Es frecuente solicitar ensayos de semilla de los cuales no se aprovechan, adecuadamente, toda la información que estos entregan o solicitar ensayos y posteriormente, alterar de manera tal al lote de semillas que representa, que el análisis no tiene ninguna validez y por lo tanto, utilidad práctica. Por ejemplo, solicitar ensayo de germinación y con posterioridad separar las semillas por

tamaño en ese caso, lo más probable, es que se alteren los valores promedios de viabilidad, peso de la semilla y grado de latencia o dormancia.

Por otra parte, el almacenamiento de semillas puede tener vital importancia cuando la cosecha de semillas no es uniforme, es decir cuando no es posible contar con una cantidad constante cada temporada. Muchas especies poseen hábitos de fructificación que no son anuales, por lo tanto, en los años de buena producción, se requiere cosechar gran cantidad, que considere tanto la siembra de esa temporada como de las posteriores. En ocasiones es necesario almacenar por períodos más cortos, ya que la fecha de recolección de las semillas no coincide con la época de siembra.

De cualquier manera, el objetivo principal del almacenamiento de semillas es mantener una cantidad de semillas viables desde que son recolectadas hasta el momento en que serán requeridas para la siembra. Semillas viables quiere decir que están vivas y son capaces de germinar al sacarse del almacenamiento.

El objetivo de este trabajo es dar a conocer los diferentes tipos de análisis que se le pueden realizar a un lote de semillas forestales y el adecuado almacenamiento, que variables se determinan en cada uno de ellos; la utilidad práctica que tienen para el que manipula la semillas y para el que las utiliza en los programas de siembra. A través del empleo o familiarización con un lenguaje común, facilitar la relación profesional entre los que manipulan semillas y los que las utilizan en los procesos de producción de plantas forestales.

GENERALIDADES DE LAS SEMILLAS FORESTALES

La semilla es el principal órgano reproductivo de la gran mayoría de las plantas superiores terrestres y acuáticas. Ésta desempeña una función fundamental en la renovación, persistencia y dispersión de las poblaciones de plantas, la regeneración de los bosques y la sucesión ecológica. En la naturaleza la semilla es una fuente de alimento básico para muchos animales. También, mediante la producción agrícola, la semilla es esencial para el ser humano, cuyo alimento principal está constituido por semillas, directa o indirectamente, que sirven también de alimento para varios animales domésticos.

La semilla es uno de los principales recursos para el manejo agrícola y silvícola de las poblaciones de plantas, para la reforestación, para la conservación del germoplasma vegetal y para la recuperación de especies valiosas sobreexplotadas. Las semillas pueden almacenarse vivas por largos periodos, asegurándose así la

preservación de especies y variedades de plantas valiosas.

La ciencia de las semillas se ha desarrollado a lo largo de muchos años, acumulándose hasta la fecha un importante volumen de conocimientos acerca de muchos aspectos de su biología y manejo. Existen numerosas publicaciones científicas y técnicas en este campo y se conocen con detalle varias características de la biología de las semillas de las plantas cultivadas más importantes; sin embargo, las semillas de especies forestales no han corrido con igual suerte y su estudio se ha quedado muy rezagado.

La semilla es una unidad reproductiva compleja, característica de las plantas vasculares superiores, que se forma a partir del óvulo vegetal, generalmente después de la fertilización. Se encuentra en las plantas con flores (angiospermas) y en las gimnospermas. En las angiospermas los óvulos se desarrollan dentro de un ovario; en tanto que en las gimnospermas la estructura que los contiene es muy diferente, pues no constituye una verdadera flor; sin embargo, la estructura de las semillas de estas plantas es básicamente similar a la de las plantas con flores.

Las reservas energéticas de la semilla son: grasas, carbohidratos y a veces proteínas que sostendrán a la futura planta durante sus primeras etapas de vida. Estas reservas, como hemos dicho, pueden encontrarse en diferentes tejidos o en el embrión mismo, y todo esto está relacionado con la germinación y el desarrollo de un nuevo individuo.

La gran diversidad de formas de los frutos de las angiospermas está muy relacionada con los mecanismos de dispersión. El crecimiento y desarrollo de las plantas jóvenes bajo el árbol que las engendró es muchas veces difícil debido a la falta de luz, a la competencia de las raíces por nutrientes y a la presencia de una gran densidad de parásitos y depredadores específicos en esa área; la dispersión sobre una área más amplia asegura que algunas semillas encuentren condiciones adecuadas para germinar y crecer. Sin embargo, en las comunidades naturales la gran mayoría de ellas perece por los efectos de un ambiente inadecuado para establecerse, por la competencia con otras plantas, por depredación por animales o parásitos y por enfermedades.

En la naturaleza existen infinidad de variantes con respecto a la estructura de los frutos y los mecanismos de dispersión de las semillas, que han sido objeto de numerosos estudios. En el Cuadro 1 se resumen los diferentes mecanismos de

dispersión existentes, y su relación con los agentes que transportan las semillas.

Cuadro 1. Mecanismos de dispersión y su relación con las características de las diásporas.

<i>Nombre con que se le conoce</i>	<i>Agentes dispersores</i>	<i>Características de la diáspora</i>	<i>Alcance de la dispersión</i>	<i>Ejemplos</i>
Anemócora	Aire	Tamaño pequeño Alta relación superficie/volumen Aplanamiento Apéndices plumosos o alados	Amplia	orquídeas diente de león madera balsa ceiba o pochote
Hidrócora	Agua	Flotabilidad Resistencia a la inmersión Cubiertas impermeables	Amplia	mangles lotos coco
Epizoocora (exterior)	Animales	Cubiertas adhesivas, apéndices o ganchos	Amplia, media y corta	cardillo pegarropa
Endozoocora (interior)		Comestibles Cubiertas gruesas o mucilaginosas		piñul tomate tejocote
Dispersión mecánica	Mecanismos explosivos	Pequeñas y ligeras	Corta y media	hongos helechos palo de agua agritos algunos geranios y malezas leguminosas
Antropozoocora	Hombre	Comestible para él y para sus animales	Amplia	leguminosas

Tamaño de las semillas

El tamaño de las semillas entre diferentes especies de plantas varía en una forma impresionante, a pesar de que se trata de un órgano vegetal cuyo origen ontogenético es constante y que tiene una función bien definida. Hay aproximadamente 11 órdenes de magnitud de diferencia en tamaño entre las semillas más pequeñas y las más grandes que existen en la naturaleza. Las semillas de una orquídea pueden pesar 0.1 mg, en tanto que la palma de coco doble del Pacífico produce semillas de 10 kg de peso. En una comunidad natural el rango de variación es menor pero es aún muy amplio; por ejemplo, en la selva tropical, éste es de aproximadamente seis órdenes de magnitud.

Las semillas grandes se producen en menor número y frecuentemente se diseminan a distancias más cortas, pero cuentan con mayor cantidad de recursos para iniciar su crecimiento y establecimiento en lugares con escasez de recursos, por ejemplo en la sombra de los bosques, ya que producen plántulas más grandes y resistentes, con mayor superficie de raíces y de hojas.

Las semillas de plantas que necesitan Sol (plantas heliófilas) suelen ser pequeñas, mientras que aquellas que se establecen a la sombra de otros árboles, como la mayoría de las semillas de los árboles de bosques maduros, suelen ser mayores. Sin embargo, existen muchas excepciones a esta afirmación. Se dice que las semillas grandes producen plántulas con mayor superficie radical y foliar antes de depender totalmente de los recursos externos, lo cual les permite sobrevivir en condiciones de baja disponibilidad de energía luminosa y nutrientes.

Un componente muy importante que determina el tamaño de las semillas es el origen filogenético de las plantas. La anatomía de los órganos reproductivos de las plantas varía entre diferentes linajes y estas características determinan un tamaño inicial de semilla en el grupo, sobre el cual la selección natural puede o no haber actuado.

Fenología

Las plantas presentan frecuencias de floración y de subsecuente fructificación que van desde la producción continua de frutos a lo largo del año, como ocurre en algunos pioneros, a la producción sincrónica de frutos dentro de una generación de plantas a intervalos de más de un siglo, como ocurre en algunas especies de bambú. Entre estos extremos existen varios patrones de producción de semillas. Uno muy frecuente es la fructificación anual de duración relativamente fija; sin embargo, el tamaño de la cosecha de semillas de la población de una especie, o de ésta, entre plantas individuales, puede variar. El periodo de fructificación cambia entre diferentes localidades, incluso dentro de una misma región. Esta variabilidad se debe a variaciones en la disponibilidad de recursos para la reproducción o a los ciclos endógenos que diferencian distintos niveles de esfuerzo reproductivo entre años.

Algunas regiones caracterizadas por un clima muy homogéneo y poco estacional contienen poblaciones de plantas que presentan fructificación masiva cada pocos años seguidas por años de baja o nula producción de propágulos sexuales; mientras

que en áreas climáticamente más estacionales son característicos los periodos bien definidos de fructificación. En el cuadro 2 se resumen los principales ciclos periódicos en la floración.

La regulación fisiológica de los diferentes patrones de reproducción y los sensores que los regulan son pobremente conocidos, no obstante, las presiones del ambiente han inducido la selección de los diferentes comportamientos fenológicos, los cuales han sido ampliamente analizados por muchos autores. La mayoría de ellos está de acuerdo en que los patrones fenológicos representan adaptaciones a presiones de tipo abiótico y biótico. Entre los factores abióticos, el fundamental parece ser la estacionalidad en la disponibilidad de recursos, por ejemplo la estación húmeda y la seca, además de condiciones ambientales apropiadas para la reproducción, como la disponibilidad de agua para la floración y fructificación y temperaturas favorables para la actividad de los polinizadores. Las presiones bióticas han sido objeto de mucha discusión y han generado diversas opiniones; sin embargo, la principal hipótesis acerca del origen de las diferentes periodicidades de floración y fructificación está basada en la idea de que éstas reducen la competencia de las plantas por polinizadores y dispersores.

Cosecha de semillas

La fotosíntesis genera compuestos orgánicos que son invertidos en gasto respiratorio, crecimiento, reposición de partes, tejidos y órganos, y finalmente en la reproducción, por lo que la cantidad de semillas producidas por cada planta individual, en proporción a su biomasa total y al rendimiento fotosintético anual, es muy variable entre especies y poblaciones. Las plantas anuales colocan gran parte de su productividad fotosintética anual en biomasa reproductiva porque tienen una sola oportunidad en la vida de dejar descendientes, pero la mayoría de las plantas leñosas producen propágulos muchas veces durante su vida, por lo que esta producción se logra normalmente utilizando una menor proporción de la productividad fotosintética anual. Otro factor importante relacionado con el volumen de la cosecha es la frecuencia de la fructificación. Se ha visto que las plantas que fructifican frecuentemente producen menos propágulos que aquellas que lo hacen esporádicamente, y que las de fructificación estacional ocupan una posición intermedia. En el sureste de Asia existe el fenómeno conocido como fructificación “mast”, el cual consiste en la producción masiva de frutos cada cierto número de años, seguida de una producción escasa en años intermedios.

Con gran frecuencia se observan años buenos y años malos en la producción de frutos en muchas plantas tropicales. Durante los años buenos las semillas son abundantes, sanas y con alta viabilidad, en tanto que en los años malos éstas son escasas, mal desarrolladas y de baja viabilidad. Esta variación está ligada a la calidad de la estación favorable para la productividad fotosintética y a factores bióticos, como la abundancia de polinizadores o parásitos de flores y frutos.

Germinación

La germinación de las semillas comprende tres etapas sucesivas que se superponen parcialmente: 1) la absorción de agua por imbibición, causando su hinchamiento y la ruptura final de la testa; 2) el inicio de la actividad enzimática y del metabolismo respiratorio, translocación y asimilación de las reservas alimentarias en las regiones en crecimiento del embrión, y 3) el crecimiento y la división celular que provoca la emergencia de la radícula y posteriormente de la plúmula. En la mayoría de las semillas el agua penetra inicialmente por el micrópilo y la primera manifestación de la germinación exitosa es la emergencia de la radícula.

Existen varias etapas de desarrollo de la plántula cuyas características varían, dependiendo del tipo de germinación que presenta cada especie. Hay básicamente dos tipos de germinación (que a veces presentan algunas variantes), la germinación epigea y la hipogea. En la germinación epigea el hipocótilo se alarga y aleja a los cotiledones del suelo; en tanto que en la germinación hipogea el hipocótilo no se desarrolla y los cotiledones permanecen bajo el suelo o ligeramente sobre éste. En este caso las hojas cotiledonarias tienen sólo una función almacenadora de nutrientes, en tanto que en la germinación epigea estas hojas también tienen con frecuencia color verde y realizan funciones fotosintéticas durante el crecimiento temprano de la plántula. La testa de la semilla puede permanecer cubriendo los cotiledones en el caso de la germinación hipogea, en tanto que en la epigea se desprende, lo cual permite la expansión de las hojas cotiledonarias

En el trópico las semillas presentan tipos de germinación intermedios entre los dos descritos. Por ejemplo, en algunos casos los cotiledones son expuestos y fotosintéticos pero permanecen al nivel del suelo, y en otros casos se elevan sobre el suelo, sin embargo, permanecen plegados dentro de la cubierta de las semillas. Cada una de estas variantes ha recibido nombres que varían según los autores; la nomenclatura asignada a estas variantes hace hincapié en su carácter

de presentación intermedia de los mecanismos de germinación.

Latencia

Una vez que la semilla ha completado su desarrollo se inician los cambios que darán lugar al establecimiento del reposo en las semillas. Este reposo o reducción del metabolismo se denomina quiescencia cuando la causa de que no ocurra la germinación es fundamentalmente la falta de agua, como es el caso de las semillas almacenadas en condiciones artificiales, por ejemplo un frasco con frijoles en la alacena o las semillas que permanecen en los frutos unidos a la planta madre por largo tiempo. En cambio, el reposo de las semillas se denomina latencia cuando la semilla no germina a pesar de encontrarse en un lugar óptimo en cuanto a la temperatura y la humedad. Las causas por las que no germinan pueden deberse a la existencia de un periodo cronológicamente regulado de interrupción del crecimiento y de disminución del metabolismo durante el ciclo vital. Ésta es una estrategia adaptativa de supervivencia frente a condiciones ambientales desfavorables que se presenta en algunos seres vivientes. En las plantas superiores puede existir latencia o interrupción del crecimiento en el tejido meristemático, por ejemplo en las yemas de crecimiento de las ramas, así como en las semillas. El establecimiento de la latencia está regulado por factores hereditarios que determinan los mecanismos fisiológicos endógenos de las plantas, los cuales interactúan con factores del ambiente en el que las plantas crecen; esto da lugar, a la larga, a cambios evolutivos en las plantas. Entre las condiciones más importantes del ambiente se encuentran las variaciones climáticas de temperatura y humedad, las variaciones microclimáticas derivadas de aspectos fisiográficos y bióticos, como la calidad espectral de la luz y el termoperiodo, así como las características específicas del lugar a las que las plantas se han adaptado para establecerse y crecer. Las variaciones micro y macroclimáticas, así como las condiciones hormonales y nutricionales de la planta progenitora tienen gran influencia en el establecimiento de la latencia de sus semillas durante su desarrollo, por lo cual pueden existir variaciones entre cosechas de semillas de una especie, según la época y el lugar de producción.

Latencia innata o endógena

Se presenta en el momento en el que el embrión cesa de crecer (cuando la semilla aún está en la planta madre) y continúa hasta que el impedimento endógeno cesa, en ese momento las semillas están en condiciones de germinar en cuanto se presentan las condiciones ambientales adecuadas. La presencia

de inhibidores químicos de la germinación en el embrión o la inmadurez de éste son probablemente las causas principales de esta latencia. La duración de la latencia innata es muy variable según la especie, en algunos casos, incluso puede variar entre las semillas de un mismo individuo. Algunos experimentos parecen indicar que en ciertas semillas tropicales existen procesos comparables a la posmaduración, característica de muchos árboles de climas templados, cuyas semillas sólo germinan después de haber transcurrido el invierno, de haber sido expuestas a bajas temperaturas en el laboratorio o mediante la aplicación de hormonas vegetales, como el ácido giberélico o almacenándolas en frío.

Latencia inducida o secundaria

Este tipo de latencia se produce cuando las semillas están en condiciones fisiológicas para germinar y se encuentran en un medio que presenta alguna característica muy desfavorable, como poco oxígeno, concentraciones de CO₂ mayores a las de la atmósfera, temperatura alta, etc., lo que puede producir alteraciones fisiológicas reversibles en las semillas. En estos casos, las semillas pueden caer en un estado de latencia secundaria en el que ya no pueden germinar a pesar de continuar vivas. En algunos casos este tipo de latencia se rompe por medio de un estímulo hormonal. Algunas veces la latencia inducida también puede sumarse a otros tipos de latencia o sustituirlos.

Latencia impuesta o exógena

En la naturaleza esta latencia se presenta en semillas aptas para germinar en condiciones adecuadas de humedad y temperatura media, es decir, adecuadas al hábitat que ocupan, pero que continúan latentes por falta de luz, requerimientos especiales de temperatura, oxígeno o de otro factor. Esta latencia está controlada por las condiciones físicas del ambiente que rodea a la semilla, y se presentan en aquellas que se encuentran en el suelo y que germinan sólo después de una perturbación que modifique el régimen lumínico o el contenido de oxígeno.

En la naturaleza, el efecto de esos controles es preservar las semillas y regular la germinación de manera que coincida con períodos del año en que las condiciones naturales son favorables para la supervivencia de las plántulas. En consecuencia, los mecanismos de control de la germinación existen como una adaptación para la supervivencia natural de las especies. Estos mecanismos son en particular importantes para plantas que crecen en donde ocurren condiciones ambientales extremas, como en los desiertos o en las regiones frías, en donde las condiciones ambientales, después de la diseminación de las semillas, pueden no ser favorables

para la germinación inmediata (Hartmann y Kester, 1988; Willan, 1991).

Para terminar con la latencia, algunas semillas necesitan estar húmedas y a bajas temperaturas por un período de varios meses, esta condición se podría cumplir en lugares donde cae nieve en invierno. En zonas áridas, en ciertas especies, las semillas sólo germinan si se presenta una lluvia lo suficientemente abundante para asegurar el establecimiento de las plántulas. Otras especies requieren de iluminación para germinar, evitando así que el proceso se desarrolle cuando las semillas están enterradas profundamente o son muy sombreadas por otras plantas (Patiño *et al.*, 1983; Willan, 1991).

En resumen, la latencia de las semillas termina cuando existe algún estímulo ambiental que anuncie que las condiciones son favorables para el desarrollo de la planta.

A continuación se detallan otros tipos de clasificación de latencias (Hartmann y Kester, 1988; Willan, 1991):

a) Latencia por la cubierta de las semillas o exógena

- Latencia física. Característica de un gran número de especies de plantas, en las cuales la testa o secciones endurecidas de otras cubiertas de la semilla son impermeables. El embrión está quiescente, pero se encuentra encerrado dentro de una cubierta impermeable que puede preservar las semillas con bajo contenido de humedad durante varios años, aún con temperaturas elevadas.
- Latencia mecánica. En ésta categoría las cubiertas de las semillas son demasiado duras para permitir que el embrión se expanda durante la germinación. Probablemente éste factor no es la única causa de la latencia, ya en la mayoría de los casos se combina con otros tipos para retardar la germinación.
- Latencia química. Corresponde a la producción y acumulación de sustancias químicas que inhiben la germinación, ya sea en el fruto o en las cubiertas de las semillas.

b) Latencia morfológica o endógena

Se presenta en aquellas familias de plantas, cuyas semillas, de manera característica en el embrión, no se han desarrollado por completo en la época de maduración. Como regla general, el crecimiento del embrión es favorecido por temperaturas cálidas, pero la respuesta puede ser complicada por la presencia de otros mecanismos de letargo. Dentro de ésta categoría hay dos grupos:

- Embriones rudimentarios. Se presenta en semillas cuyo embrión es apenas algo más que un proembrión embebido en un endosperma, al momento de la maduración del fruto. También en el endosperma existen inhibidores químicos de la germinación, que se vuelven en particular activos con altas temperaturas.
- Embriones no desarrollados. Algunas semillas, en la madurez del fruto tienen embriones poco desarrollados, con forma de torpedos, que pueden alcanzar un tamaño de hasta la mitad de la cavidad de la semilla. El crecimiento posterior del embrión se efectúa antes de la germinación.

c) Latencia Interna

en muchas especies la latencia es controlada internamente en el interior de los tejidos. En el control interno de la germinación están implicados dos fenómenos separados. El primero es el control ejercido por la semipermeabilidad de las cubiertas de las semillas, y el segundo es un letargo presente en el embrión que se supera con exposición a enfriamiento en húmedo.

- Fisiológica. Corresponde a aquella en que la germinación es impedida por un mecanismo fisiológico inhibidor.
- Interno intermedio. Esta latencia es inducida principalmente por las cubiertas de las semillas y los tejidos de almacenamiento circundante. Este es característico de las coníferas.
- Del embrión. Se caracteriza principalmente porque para llegar a la germinación se requiere un período de enfriamiento en húmedo y por la incapacidad del embrión separado de germinar con normalidad.

d) Latencia combinada morfofisiológica

Consiste en la combinación de subdesarrollo del embrión con mecanismos fisiológicos inhibidores fuerte.

e) Latencia combinada exógena - endógena

Se denomina así a las diversas combinaciones de latencia de la cubierta o el pericarpio con latencia fisiológica endógena.

El Centro de Semillas en su etiqueta de venta detalla información acerca del lote, como procedencia, fecha de colecta, número de semillas por kilogramo, pureza (%), contenido de humedad (%), capacidad germinativa (%), y tratamiento. Es éste último el que indica de que forma terminar con la latencia de la semilla si es que existe.

Tratamientos para eliminar la latencia

Los tratamientos para eliminar la latencia son (Patiño *et al.*, 1983; Hartmann y Kester, 1988):

a) Estratificación

Consiste en colocar las semillas embebidas de agua, en capas o estratos húmedos, usando como sustrato arena. El período de estratificación varía según la especie. Se utiliza para superar latencias provenientes del embrión.

- Cálida. Si la estratificación se realiza a temperaturas altas (22 a 30 °C).
- Fría. Si la estratificación se realiza a temperaturas bajas (0 a 10 °C).

En el vivero también se puede estratificar empleando el mismo suelo o algún otro sustrato húmedo. La estratificación fría se realiza en invierno y la cálida en verano.

b) Escarificación

Es cualquier proceso de romper, rayar, alterar mecánicamente o ablandar las cubiertas de las semillas para hacerlas permeables al agua y a los gases.

- Mecánica. Consiste en raspar la cubierta de las semillas con lijas, limas o quebrarlas con un martillo. Si es a gran escala se utilizan maquinas especiales como tambores giratorios recubiertos en su interior con papel lija, o combinados con arena gruesa o grava.
- Con agua caliente. Se colocan las semillas en un recipiente en una proporción de 4 a 5 veces su volumen de agua caliente a temperatura

entre 77 y 100 °C. De inmediato se retira la fuente de calor y las semillas se dejan remojar durante 12 a 24 horas en el agua que se va enfriando gradualmente. Las semillas se deben sembrar inmediatamente después del tratamiento.

- Con ácido. Las semillas secas se colocan en recipientes no metálicos y se cubren con ácido sulfúrico concentrado en proporción de una parte de semilla por dos de ácido. Durante el período de tratamiento las semillas deben agitarse regularmente con el fin de obtener resultados uniformes. El tiempo de tratamiento varía según la especie. Al final del período de tratamiento se escurre el ácido y las semillas se lavan con abundante agua para quitarles el restante.

c) *Imbibición*

El propósito es remover los inhibidores remojando las semillas en agua corriente o cambiándoles el agua con frecuencia. El tiempo de lixiviación es de 12 a 24 horas.

d) *Combinación de tratamientos*

Se utiliza en semillas de especies que tienen más de un tipo de letargo.

e) *Hormonas y otros estimulantes químicos*

Existen compuestos que sirven para estimular la germinación, entre los más usados están: nitrato de potasio, tiourea, etileno, ácido giberélico (GA_3), citokininas, entre otros. Todo este tipo de sustancias se emplean a diferentes concentraciones y tiempos de remojo, dependiendo de la especie de que se trate. Teniendo en cuenta lo anterior, es de gran importancia realizar el tratamiento pregerminativo que se recomienda para cada lote de semillas, ya que obtendrá resultados más rápidos y una producción de plantas más homogéneas.

Germinación retardada por una testa impermeable

Muchas plantas producen semillas cuyo tegumento externo es duro impermeable al agua o a los gases, e incluso el micrópilo está provisto de una barrera que impide la penetración de agua al embrión. Esta característica es frecuente en varias familias de plantas, particularmente en las fabáceas o leguminosas, las malváceas y bombacáceas. En el suelo del bosque la cubierta de la semilla gradualmente se vuelve permeable por intemperismo, degradación microbiana, factores del suelo como las saponinas o por el efecto de fluctuaciones de

temperatura, y va germinando poco a poco. Este mecanismo de latencia pasiva es particularmente frecuente en los bosques tropicales secos, y puede haberse originado como un mecanismo de persistencia de las semillas en el suelo a lo largo de la estación desfavorable de crecimiento.

Frecuentemente se dice que el tránsito a través del tubo digestivo de animales es uno de los factores principales que rompen este tipo de latencia entre las semillas que son dispersadas por animales. Sin embargo, muchas de las especies que presentan testa dura no son ingeridas por animales; otras, aunque sí sean ingeridas, son destruidas o no muestran mucha diferencia en su germinación antes y después de haber sido ingeridas por animales. Las altas temperaturas también pueden romper los tegumentos. Esto ocurre frecuentemente durante los incendios o las quemas en los terrenos de cultivo, sobre todo en los trópicos. Los tegumentos también pueden cambiar su estructura después de ser expuestos a la insolación directa por periodos prolongados. Es probable que muchas de las semillas resistentes al calor presenten tegumentos impermeables al agua, ya que las semillas contienen enzimas, nucleoproteínas y otras sustancias que se desnaturalizan con facilidad con el calor; estos compuestos son menos lábiles cuando están deshidratados, por lo que una testa impermeable impide que la semilla se embeba y por lo tanto queda protegida durante las quemas.

Longevidad de las semillas en el suelo

Las semillas desempeñan cuatro funciones importantes para la vida y la continuidad en el tiempo de las poblaciones vegetales. No todas son igualmente importantes para las diferentes especies de plantas, ya que han sido moduladas por la selección natural, por las condiciones que prevalecen en cada comunidad en interacción con las características de la historia de vida de cada población de plantas. Estas funciones son la reproducción, la diseminación dentro de la misma comunidad, la expansión hacia nuevos territorios o hacia otros hábitat, y finalmente la sobrevivencia del germoplasma en condiciones meteorológicas o ambientales desfavorables para el crecimiento. La capacidad de las semillas para permanecer vivas y viables, sin germinar por diferentes periodos en el suelo de la comunidad a la que pertenecen, se conoce como longevidad ecológica. Por otra parte, la capacidad para permanecer viables en una condición óptima de almacenamiento artificial por algún tiempo se conoce como longevidad potencial.

Existe una extensa bibliografía sobre la longevidad de las semillas e informes de variable credibilidad acerca de casos extremos de longevidad. Una revisión extensa al respecto fue hecha por Lela Barton en 1961. En su libro se mencionan las famosas semillas de trigo, cebada y chícharo que fueron encontradas supuestamente viables en tumbas egipcias y otros casos de longevidad extrema de semillas de plantas cultivadas. La validez de estos informes ha sido puesta en duda pues se han realizado experimentos almacenando estas especies, a las temperaturas que privarían en tales condiciones, y nunca se han podido conservar viables por más de unos cuantos años. Sin embargo, otras investigaciones acerca de semillas encontradas en sitios arqueológicos o en edificios antiguos, formando parte de adobes o en recipientes de barro, son más convincentes, como el caso de algunos adobes de edificios coloniales de California y norte de México. Un análisis amplio de este tema se presentó en los libros de los estadounidenses Lela V. Barton en 1961 y David A. Priestley en 1986. En los siguientes párrafos se verá con mayor profundidad algunos de los aspectos más importantes de este interesante problema, que tiene implicaciones tanto en ciencia básica como en la aplicada a la agricultura y a la forestería, y en la actualidad a la conservación del germoplasma vegetal.

Los informes sobre la longevidad de semillas de diferentes especies silvestres y cultivadas pertenecen a tres categorías, dependiendo de la condición de almacenamiento en que estaban las semillas cuya viabilidad se determinó:

- 1) Almacenamiento en condiciones artificiales. a) subóptimas y b) óptimas
- 2) Almacenamiento en condiciones seminaturales (en el suelo).
- 3) Almacenamiento natural en el banco de semillas del suelo.

El almacenamiento en condiciones artificiales o controladas subóptimas ha sido fuente de numerosos informes sobre la longevidad de semillas. Las condiciones de almacenamiento más frecuentemente encontradas son: ejemplares de herbarios, botellas o cajas en gavetas de laboratorio, almacenes de semillas en condiciones ambientales no reguladas finamente y otros tipos de almacenamiento consciente o accidental en ambientes que no propician la expresión completa de la longevidad potencial de las semillas. Por ejemplo, los datos que se obtienen del herbario, aunque son de gran interés como fuente de información, no indican

qué semillas tienen realmente una longevidad larga y cuáles no la tienen, sino cuáles fueron capaces de sobrevivir a los tratamientos que sufren los ejemplares y a las condiciones de las gavetas de herbario.

El almacenamiento de semillas en el suelo, en recipientes parcialmente aislados, es una condición seminatural para determinar la longevidad que ha sido objeto de varios ensayos en diferentes regiones del mundo. Quizá el experimento más famoso de este tipo sea el del doctor Beal, quien enterró semillas de 19 arvenses (plantas silvestres de campos de cultivo) y de un trébol cultivado en un terreno de East Lansing, Michigan. Las semillas se pusieron en frascos llenos de arena en la superficie. El experimento fue diseñado para durar más de 100 años y aún quedan varios frascos. Después de 100 años persistían semillas viables de dos especies de hierbas. Existen otros experimentos de esta naturaleza, como los de Duvel en Virginia y los Dorph-Petersen en Dinamarca, entre otros.

La longevidad de las semillas en el lugar al que fueron naturalmente diseminadas es mucho más difícil de determinar, y sólo existen informes de condiciones muy especiales. Por ejemplo Porsild y colaboradores, en 1967, encontraron en el permafrost, formado en el pleistoceno, semillas de una leguminosa que fueron capaces de germinar normalmente. El danés Odum en 1965 encontró semillas aún viables de algunas plantas arvenses bajo piedras de construcciones de la era de los vikingos (año 1000 aproximadamente). Este mismo autor ha fechado la antigüedad de bancos de semillas de varios lugares de Dinamarca, y ha encontrado evidencias de una longevidad de varias décadas en bancos de semillas. Existen otras evidencias de considerable longevidad del banco de semillas del suelo para algunas regiones en zonas templadas. En los trópicos por lo general la longevidad ecológica es más corta. Existen casos en que las semillas caen al suelo ya verdes, desprovistas de su cubierta, cargadas de humedad y prácticamente germinando, como el jinicuil. Si estas semillas no encuentran un medio propicio para germinar pronto, mueren.

Procedencia de las semillas

La mayoría de las plantas presentan variabilidad genética y fenotípica en distintos lugares de su área de distribución. Esta variabilidad debe tomarse en consideración cuando se manejan semillas de diferentes localidades con cualquier propósito. En plantas procedentes de diferentes localidades pueden haber evolucionado características específicas para lidiar con los factores limitantes locales y con

las interacciones bióticas específicas del sitio, lo cual las hace inapropiadas para crecer en un nuevo conjunto de condiciones ambientales. Dentro de una población de plantas existe siempre gran variación genética que debe ser preservada cuando se toman muestras de semillas con diferentes propósitos; por ejemplo, hay heterogeneidad natural en las características fisiológicas de las semillas de diferentes individuos, por lo que cuando se usan semillas de uno o pocos individuos para estudiar la longevidad o los patrones de germinación, los resultados obtenidos a veces no corresponden al comportamiento más común o medio de la población.

Mantener la valiosa variabilidad genética es una parte importante del almacenamiento de semillas, por lo que estas semillas deben ser recolectadas preferentemente de poblaciones silvestres, ya que cuando las semillas se colectan de poblaciones pequeñas, ya sea manejadas o cultivadas, ocurre una indeseable selección de aquellas características que están directa o indirectamente relacionadas con la domesticación. De esta manera se pierde la diversidad genética, lo cual puede ser perjudicial si en un momento dado se quiere utilizar la diversidad genética como una fuente de variabilidad para transferir a las especies en cultivo cualidades como la tolerancia a factores desfavorables, como la sequía o suelos pobres o resistencia a enfermedades. Esta variabilidad natural de los seres vivos es también uno de los recursos naturales renovables que se deben preservar para las futuras generaciones.

Las poblaciones naturales de plantas comúnmente presentan años buenos y años malos en la producción de semillas. Durante un año bueno se pueden obtener muestras grandes de semillas sanas y bien desarrolladas con alta viabilidad, y lo opuesto puede ocurrir durante un año malo, cuando sólo se encuentran semillas escasas o de baja calidad. Esto se debe, entre otras razones, a ciclos internos reproductivos presentes en una población de plantas estrechamente emparentadas, o a factores externos, como condiciones climáticas desfavorables para la reproducción o abundancia anormal de parásitos o depredadores de las partes reproductivas de las plantas. Con el propósito de evitar riesgos, la recolecta de semillas debe continuar durante varios periodos reproductivos para obtener la mejor muestra de semillas para almacenamiento o propagación.

Calidad de las semillas

La calidad de una muestra de semillas frecuentemente varía ampliamente dependiendo de su origen, nivel de maduración, grado de parasitismo y depredación, limitaciones de recursos para la reproducción dentro del año de colecta y las técnicas de recolección y manejo que se hayan empleado. La calidad de las semillas recolectadas tiene gran importancia, ya que las semillas de baja calidad no resisten el almacenamiento o no germinan tan bien como aquellas colectadas con más cuidado. Debe evitarse la recolección de semillas vanas, inmaduras, parasitadas, deformes o dañadas en alguna forma (cuadro 8).

Semillas ortodoxas

Estas semillas pueden ser desecadas hasta contenidos de humedad muy bajos sin sufrir daños, al menos hasta un nivel de humedad constante que se mantenga en equilibrio con una humedad ambiental relativa de 10% (a este valor las semillas con almidón tienen un contenido de humedad cercano a 5%, en tanto que las semillas grasas tienen valores de 2 a 3%). Sus longevidades aumentan cuando disminuye el contenido de humedad y con la temperatura durante el almacenamiento, en una forma cuantificable y predecible.

Semillas recalcitrantes

En contraste con las semillas ortodoxas, las recalcitrantes no pueden ser desecadas por debajo de un punto relativamente alto en el contenido de humedad sin causarles daño. A pesar de que existe gran variación en el contenido de humedad crítico entre las especies, bajo el cual la viabilidad se reduce, algunas especies comienzan a morir rápidamente aun en equilibrio con una humedad relativa ambiental de 98-99%, y la mayoría de las semillas muere cuando su contenido de humedad está en equilibrio con una humedad ambiental de 60-70% (que corresponde a un contenido de humedad de 16-30% sobre el peso fresco). Todavía no existe un método satisfactorio para mantener la viabilidad de las semillas de estas especies, en particular las de origen tropical, por arriba de un periodo corto, menor a un año.

Semillas intermedias

Una tercera categoría de comportamiento de las semillas en almacenamiento ha sido demostrada recientemente con semillas de café, palma aceitera, papaya y neem. La principal característica de este comportamiento es cierta sensibilidad a la desecación hasta un nivel de humedad relativamente bajo de 7 a 10% (en

equilibrio con una humedad relativa ambiental de 30-50%). Sin embargo, la longevidad de las semillas secas de origen tropical se reduce en temperaturas bajas (por debajo de 5°C) y temperaturas bajo cero. Por esto, las condiciones ideales para el almacenamiento a largo plazo de semillas ortodoxas (5% de contenido de humedad, -18°C) son potencialmente dañinas para las semillas intermedias y no deben usarse ya que les provoca la muerte en pocos meses. A pesar de esto, es posible almacenar las semillas “intermedias” por periodos de alrededor de 10 años, desecándolas hasta un 7-10% de contenido de humedad, y manteniéndolas a la temperatura de un laboratorio.

Pruebas sencillas para definir si una semilla es ortodoxa o recalcitrante

A pesar de que es posible hacer presunciones acerca del comportamiento de una especie de semilla en almacenamiento basándose en su tamaño, apariencia, historia de vida y filogenia, es necesario hacer pruebas para saber con precisión el comportamiento de cada especie en particular. La prueba se inicia dividiendo una porción de semillas en dos partes iguales. Se prueba la viabilidad de una de las fracciones de semillas frescas y la otra mitad se somete a una desecación gradual y cuidadosa antes de probar su viabilidad. Para completar, una prueba adicional que se realiza antes y después de someter las semillas a congelación, indicará si las semillas que toleran la desecación son ortodoxas verdaderas o intermedias.

ANÁLISIS DE SEMILLAS FORESTALES

Toma de muestras

En general, la cantidad de semillas que se analiza es mínima comparada con la magnitud del lote de semillas que se supone representa. Para obtener resultados uniformes y exactos en el análisis de semillas, es esencial tomar la muestra con cuidado y de acuerdo con los métodos que a continuación se exponen. Por escrupuloso que sea un ensayo, sus resultados únicamente pueden indicar la calidad de la muestra analizada; por consiguiente, se hará todo lo posible para lograr que la muestra que se va analizar represente real y exactamente la composición del lote de semillas de que se trate. Análogamente, al fraccionar la muestra en el laboratorio, no se debe escatimar esfuerzo para conseguir una muestra de análisis representativa de la muestra que se quiere analizar.

Muestra media del lote de semillas

La toma de muestra de un lote de semillas, realizada por un particular o por un representante de un laboratorio de análisis de semillas, deberá hacerse de manera tal que dicha muestra represente lo más fielmente posible el lote de que se trate.

Uniformidad del lote de semillas

Una muestra será cada vez más representativa a medida que el lote del que procede se acerque a la homogeneidad. Un lote de semillas homogéneo puede definirse como una cantidad razonable entre todas sus partes. Por lo que respecta a las semillas, la uniformidad se refiere a:

A. Los porcentajes de semilla pura, de semillas de otras especies, y de materia inerte. y b.- El porcentaje de germinación.

Cuando quien efectúe la toma de muestras lo requiera, el propietario del lote de semillas deberá proporcionar datos completos relativos al volumen y la composición de cada lote de semillas del que provienen las muestras. Cuando se tengan pruebas evidentes de que un lote de semillas no es suficientemente uniforme, no se tomarán muestras de él. Cuando el lote que se trate se considere insuficientemente uniforme, no se extenderá certificado alguno.

Toma de muestra representativa

Las siguientes instrucciones deben considerarse requisitos mínimos para una toma de muestra adecuada:

a.- Instrumentos de toma de muestra

Para tomar muestras de semillas contenidas en sacos se deberá emplear una sonda lo bastante larga para que llegue a todas las partes del saco. Esta sonda estará construida de modo tal que extraiga un volumen igual de semilla de cada parte del saco en que se introduzca, y que no dañe las semillas que constituyen la muestra. La sonda de 15 a 25 cm. que tiene un tubo cónico corto con una única ranura abierta de la punta al mango, y que se conoce corrientemente por sonda “ladrona”, deberá considerarse que no cumple con esta prescripción. Para tomar muestras de semillas durante su limpieza, el recipiente que colectará la muestra deberá estar construido de forma que permita la toma uniforme en toda la sección transversal del flujo de semillas y que las que entren al recipiente, no puedan saltar fuera de él.

Para los lotes a granel, el instrumento con que se tomen las muestras deberá ser una sonda de tubo doble con separaciones y tendrá, aproximadamente, unos 2 m. de largo.

b.- Procedimientos de toma de muestras

Para extraer las muestras, deberá tomarse cantidades aproximadamente iguales de semillas de cada uno de los sacos o en otros recipientes, la toma de muestras se hace con una sonda de doble tubo con separaciones; si se hace a mano, se debe variar de punto de muestreo de un saco a otro, y cogiendo puñados a la mayor profundidad posible. Cuando se haga uso de este método, deberá tenerse la precaución de cerrar bien la mano al retirarla, para que no se escapen los granos. Para semillas de lotes a granel (contenidas en cajas, camiones, u otros recipientes análogos) la toma de muestras se deberá realizar, por lo menos, en 10 puntos que representen debidamente la cantidad sometida a dicha toma de muestras.

Si la toma se hace durante el proceso de limpieza de semillas, el recipiente de muestreo deberá atravesar la corriente de semillas con un movimiento continuo, a fin de que se saque una muestra representativa de una sección transversal de la corriente. Estas muestras deberán tomarse a intervalos regulares durante toda la limpia.

Si las porciones tomadas de los diferentes sacos del lote resultan uniformes, se podrá mezclar para formar una muestra media. Como frecuentemente es difícil mezclar debidamente las semillas en las condiciones imperantes en un almacén, la totalidad de la muestra deberá enviarse al laboratorio siempre que sea factible. Se recomienda que toda persona encargada de tomar muestras lleve consigo un pequeño partidador mecánico para dividir la muestra en los almacenes. Si esto no es posible, se seguirá el procedimiento siguiente que se ajustan a esta prescripción: Verter lentamente y por turno cada porción de semillas con una cuchara especial, de forma que caigan en pequeña cantidad, sobre un papel o bandeja en que se colocan 8 o más tazas o recipientes análogos, operando primero en una dirección y después perpendicularmente a ésta para que cada porción se distribuya lo más uniformemente posible dentro de los recipientes y en la superficie que los rodea.

Las semillas que caen al azar en los recipientes se mezclan par formar la muestra media de la que se sacará la muestra de análisis. Las muestras presentadas para hacer determinaciones de humedad deberán ser muestras distintas de las que se

tomen para otras determinaciones. Estas muestras deberán enviarse al laboratorio en recipientes impermeables a la humedad que se llenarán por completo de semillas. Ninguna otra muestra deberá enviarse en recipientes impermeables a la humedad.

c.- Intensidad de la toma de muestras

Para lotes de semillas constituidas por 1 a 5 sacos, tomar muestras de cada uno de ellos si el lote es de 6 a 30 sacos, ambos inclusive, tomar muestras, de cada tres sacos y en 5 sacos como mínimo. Para partidas de 31 sacos o más, se tomarán muestras, por lo menos, de cada 5 sacos y en 10 sacos como mínimo. Si hay que tomar muestras de semillas de un montón, o de corrientes de semillas durante la manipulación de éstas, se deberá tomar una muestra de 2 Kg. por lo menos.

Peso mínimo de una muestra que se ha de analizar

El peso mínimo de una muestra para cada clase de semillas que se debe enviar a un laboratorio para todos los ensayos y análisis, excepto el “ensayo de humedad”, son los siguientes para las especies y análisis que se indican, para una cantidad máxima de 1000 kg de semillas. Algunos autores señalan que la muestra de análisis debe contener, al menos, 2.500 semillas.

Las muestras para el ensayo de humedad deberán ser de 10 g como mínimo. Si la muestra enviada pesa menos de lo especificado, se informará de ello al remitente y el análisis se aplazará hasta recibir semilla suficiente, excepto cuando se trate de semillas muy caras o escasas, como ocurre con las semillas provenientes de cruzamientos controlados en cuyo caso, el análisis puede efectuarse hasta donde sea posible, a condición de que en el informe o boletín de análisis se haga constar lo siguiente: “ Esta muestra pesaba solamente....gramos y, por lo tanto, no corresponde al mínimo prescrito en las Reglas Internacionales Análisis de Semillas”.

Muestra media de análisis

Por el término “muestra de análisis” se entiende en las reglas ISTA la pequeña muestra destinada al análisis de pureza, al ensayo de germinación, al de identidad de variedad, y a todas las demás determinaciones. Deberá tenerse gran cuidado en cerciorarse de que la muestra para el análisis representa el material enviado para el análisis.

Métodos de tomas de muestras de análisis

Para obtener muestras para análisis se utilizará uno de los métodos siguientes:

a.- Método de los recipientes dispuestos al azar

Se utiliza una bandeja de tamaño conveniente. Sobre ella se colocan 6 a 8 tazas o recipientes pequeños de igual tamaño, distribuidos al azar. La semilla se vierte poco a poco con una cuchara especial sobre la bandeja, primero en una dirección y después perpendicularmente a ella, de manera que queden uniformemente repartida. Las semillas que caen en los pequeños recipientes se utilizan como muestra de análisis, o en caso necesario, ésta se puede reducir aún más siguiendo el mismo procedimiento después de nuevamente mezclada. Para las semillas pequeñas pueden utilizarse receptáculos de menor tamaño, y para las más gruesas, recipientes mayores.

b. Método modificado de mitades o particiones

Este procedimiento es semejante al descrito en el a) pero en lugar de las tazas distribuidas al azar, se utiliza una bandeja modificada, dividida en un número par de compartimientos cuadrados, de los cuales uno sí y otro no carecen de fondo. Cuando se vierte la semilla sobre la bandeja y se levanta ésta, la mitad de la muestra queda en la cubeta colocada bajo la bandeja. De éste modo la muestra se divide repetidamente en dos partes hasta obtener una muestra de la magnitud que se desee.

c. Método de mezcla hecha a mano

La muestra, bien mezclada, se extiende sobre una bandeja o cubeta de mezclar, de poco fondo, formando una capa de espesor uniforme. La semilla, después de extendida, no deberá agitarse antes de la toma de muestra, pues, de lo contrario habría que proceder a una nueva mezcla.

d. Método del partididor mecánico

Este método se prefiere para las semillas que se separan con facilidad una de otras. La muestra, después de mezclada, se dividirá repetidamente hasta obtener una porción cuya magnitud sea aproximadamente la requerida para la muestra de análisis pero nunca inferior a esta magnitud requerida.

Análisis de pureza

El objeto del análisis de pureza es determinar la composición de la muestra a analizar. Para obtener la muestra de análisis se procede a tomar pequeñas porciones de semillas con una cuchara especial, de diferentes sitios de la bandeja, hasta obtener la cantidad conveniente. El número de cucharillas de muestras tomadas no deberá en ningún caso menor de cinco. También las submuestras se pueden obtener a través del empleo de un partidador o separador de cantidades similares.

Para los fines de éste análisis se divide la muestra de los siguientes componentes:

- 1.- Especies, variedad o tipo que debe considerarse como semilla pura.
- 2.- Semillas de otras especies
- 3.- Materias inertes (restos de frutos, conos, alas, arenas, piedras etc.)

Algunas veces las “semillas puras” y las semillas de otras especies” sufren daños mecánicos o daños originados por insectos y organismos patógenos, de tal gravedad, que no se consideran semillas puras sino materia inerte. Puede resultar difícil o imposible distinguir terminantemente la semilla gravemente dañada superficialmente. Salvo por el hecho de que esto puede dar origen a diferencias en los resultados de los análisis, el hecho carece de importancia, ya que la semilla pura se somete a ensayos de germinación y el porcentaje de semillas de otras especies en la muestra suele ser mínimo. A fin de que los resultados que se obtengan resulten lo más uniformes posibles, todos los laboratorios deberán tratar de seguir métodos, análogos de separación.

Separación de la muestra

El análisis de pureza se efectuará por duplicado ensayando dos submuestras tomadas independientemente de la muestra media del lote. Debido a las variaciones propias de la toma de muestras es de esperar que los resultados de los análisis duplicados sean diferentes. La muestra de análisis para el ensayo de pureza se pesará en gramos apreciando hasta la cuarta cifra decimal y se separará en:

- 1.- Semillas pura
- 2.- Semillas de otras especies
- 3.- Materia inerte (restos de frutos, semillas, piedras etc.)

Cada una de estas tres partes componentes se pesará a su vez con la misma aproximación que la muestra de análisis y se determinará el porcentaje ponderado de cada parte (basado en la suma de los pesos de las partes componentes y no en el peso original). La suma de los pesos de las partes componentes deberá compararse con el peso que tenía la muestra de análisis, para comprobar que no hubo pérdida de material ni se ha producido error alguno. No obstante, cuando la muestra de análisis mínima es de 500 g no es necesario pesar la semilla pura. En este caso, se pesará la materia inerte y las semillas de otras especies, y la suma de estos pesos se restará del peso de la muestra de análisis para obtener el peso de la semilla pura. Siempre que sea posible, se identificarán todas las semillas que pueda haber de especies distintas a la que se analiza.

La separación de las semillas puras debe hacerse basándose en una neta diferenciación de sus características.

Las cribas, los separadores mecánicos por corriente de aire y los separadores por transparencia (diagranoscopios), constituyen medios de gran valor para separar las semillas puras de las materias inertes, y especialmente los fragmentos de semilla pura debidos a roturas, a daño ocasionado por insectos o a enfermedades. Los valores obtenidos en cada submuestra se evalúan de acuerdo a la fórmula siguiente y se expresan en porcentaje.

$$\text{Pureza} = \frac{\text{Peso semillas limpias} * 100}{\text{Peso semillas} + \text{impurezas}}$$

Determinación del peso de semillas

Peso de 1000 semillas

Para esta determinación se toman, sin escoger, mil gramos de semillas puras de la muestra puesta al aire. Se forman y pesan por separado, en gramos, cuatro o más lotes de 100 semillas cada uno. De la media de los pesos de estos lotes se calcula el peso de 1.000 semillas. Cuando la diferencia entre los pesos extremos pase del límite admitido (6 por ciento para las semillas que pesan más de 25 g el millar y 10 por ciento para las demás semillas) deberá efectuarse una nueva determinación. En el caso de muestras que contienen semillas desnudas y cubiertas, en cada serie deben entrar indistintamente. El peso de 1.000 semillas deberá calcularse en gramos con dos decimales cuando sea inferior a 10 g; con

un decimal cuando sea 10 g o más, pero menor de 25 g y sin decimales cuando pese de 25 g.

Número de semillas limpias por kilo

Determinado el peso de 1000 semillas limpias por relación, se determina el número de estas por kg.

Importancia del tamaño de las semillas

En una muestra de semillas las de mayor tamaño germinan primero y dan origen a plantas de mayor tamaño que más pequeñas. En semillas de plantas de rápido crecimiento en el vivero diferencias de 7 días en la velocidad de germinación, producen diferenciales de tamaño en las plantas que jamás se igualan en esquemas de manejo similares. En el laboratorio, poner a germinar semillas de diferente tamaño pueden inducir a error de interpretación al analista cuando tiene que sugerir pretratamiento. Por tal razón se sugiere que las semillas que se van a sembrar sean analizadas tal como van a ser sembradas y no realizar alteraciones con posterioridad. (Stevens, 1996).

Determinación de la viabilidad

La viabilidad es una variable fisiológica importante en la evaluación de la calidad de una muestra de semillas. Es un indicador del potencial de la semilla para dar origen a plantas.

Ya se mencionó su relación con el peso y tamaño de la semilla pero su mayor importancia radica en la relación que tenga con las variables capacidad y energía germinativa de la semilla.

La viabilidad es una variable que puede ser afectada por la edad del árbol madre, condiciones climáticas durante el período de fructificación, condición fisiológica del árbol madre, condiciones ambientales y tiempo transcurrido post cosecha, daños por insectos y hongos.

Los Árboles en etapa juvenil pueden producir frutos pero sus semillas presentar baja viabilidad igual cosa ocurre en la etapa de senectud. Situaciones climáticas extremas durante el período de floración o de formación de frutos pueden afectar la cantidad de fructificación y la viabilidad de los mismos. Las especies forestales, se caracterizan por tener fructificaciones marcadamente periódicas, que pueden

variar desde años con una semillación casi nula, a años de producciones medianas y años de fuertes semillación. En estos últimos, generalmente, las semillas son de mayor viabilidad que en los años de baja producción, para una gran cantidad de especies. Las semillas de muchas especies pierden su viabilidad al poco tiempo de haber sido cosechadas en otros casos, pueden transcurrir varios años y estas mantienen, sin alteraciones, su viabilidad. Las variaciones de luminosidad, temperatura y humedad son los factores ambientales de mayor efecto en la viabilidad de las semillas. En Chile, en algunos casos, más del 90% de las semillas de *Nothofagus*, no viables, están afectadas por daños de larvas de insectos. La determinación de la viabilidad se puede realizar a través de diferentes métodos ISTA, acepta el test de corte de semillas, test bioquímico y radiografías (rayos X).

Test de corte

Se toman, al menos 4 lotes, de 100 semillas cada uno y utilizando un aparato cortante se parte la semilla. Si esta presenta un endosperma sano y que cubre completamente la cavidad al interior de la semilla esta se considera viable. Si la semilla está vacía o el endosperma demasiado lechoso y de mal olor se considera como no viable.

Ensayo bioquímico de viabilidad (tetrazolio)

Originalmente el método se utiliza en especies forestales de difícil germinación como por ejemplo, en semillas de las especies siguientes:

Carpinus spp., *Prunus spp.*, *Crataegus spp.*, *Pyrus spp.*, *Fraxinus spp.*, *Rosa spp.*, *Juniperus spp.*, *Taxus spp.*, *Malus spp.*, *Tilia spp.* y *Pinus cembra*

También se prefería utilizar en especies con semillas de gran tamaño. En la medida que se mejoraron las técnicas de manipulación en los laboratorios se empezó a utilizar en una gran diversidad de especies y en este momento, se utiliza prácticamente para todas las especies que se analizan. El método, tiene mayor exactitud que el test de corte que sólo indica si la semilla está llena o vacía.

Para proceder a la determinación, las preparaciones se extienden sobre una placa petri y se mantienen húmedas todo el tiempo que dura la determinación.

Las semillas se sumergen en una solución de 2, 3, 5 trifenil cloruro de tetrazolium, dependiendo de la especie a analizar y el tiempo en el cual se desee realizar el ensayo, la concentración de la solución variará entre 0,5 hasta 2.0 %; el pH, puede oscilar entre 6.5 a 7.0. Previo a sumergir las semillas en la solución de cloruro de tetrazolio se les debe eliminar la cutícula seminal y dejar el endosperma al descubierto. En algunos casos, se extraen los embriones y estos se sumergen en la solución acuosa de cloruro de tetrazolio o bromuro de tetrazolio. Cada ensayo deberá efectuarse, como mínimo, cuatro veces con 100 semillas (o frutos). Las semillas o frutos se introducirán en la solución, debiendo permanecer ligeramente sumergidos. Durante el tratamiento, las preparaciones deberán mantenerse en la oscuridad durante períodos de tiempos variables a 30° C, si en las instrucciones relativas a las especies y géneros de que se trate no se indican otras temperaturas. Terminando el tratamiento con tetrazolio, la solución se desencanta y las preparaciones se lavan con agua antes de efectuar las determinaciones.

Interpretación de resultados

La viabilidad de las semillas se evalúan por el grado de teñido que haga el trifenil fermsan en los tejidos de la semilla. Compuesto que se origina al reaccionar el cloruro de tetrazolio con los iones H que liberan las deshidrogenasas, durante el proceso de respiración, de los tejidos vivos de la semillas.

Semillas 100-75% de la superficie de alegrona teñidos se consideran viables

Semillas 75-25% del total de la superficie de alegrona teñidas son no vigorosas

Semillas con menos del 25% teñidas no son viables

Las tolerancias para los ensayos repetidos son las mismas que para los ensayos de germinación.

Ensayos de germinación

El objetivo general de todo ensayo de germinación es conocer el valor cultural de las semillas y obtener resultados que puedan utilizarse para comparar el valor de diferentes lotes de aquellas.

Los ensayos efectuados en el campo no suelen ser satisfactorios ya que sus resultados no pueden repetirse con garantía. Por ello, se han ideado métodos de laboratorio en que se dirigen algunas o todas las condiciones externas con objeto

de conseguir la germinación más regular, rápida y completa para la mayoría de las muestras de semillas de una especie determinada. Estas condiciones óptimas se normalizan para que los resultados de los ensayos puedan reproducirse dentro de los límites determinados por la variación de las muestras. En la práctica de laboratorio, se define la germinación como el nacimiento y desarrollo, a partir del embrión de las semillas, de las partes esenciales que para la semilla de que se trate son indicativas de su capacidad para transformarse en una planta normal en condiciones edáficas favorables.

La capacidad y energía germinativa que se expresan en tanto por ciento, indican la proporción de semillas que son capaces de dar origen a plantas. Por otra parte, la relación que existe entre ambas variables y de estas con la viabilidad de la semilla, es un indicador del grado de dormancia que esta tenga y por lo tanto, de la necesidad o no de efectuarle un pretratamiento y de la intensidad de este.

La capacidad germinativa, de una muestra analizada, es el número total de semillas que germinan durante el ensayo de germinación. Energía Germinativa es la cantidad de semillas que germinan más rápido en esa mismo ensayo y que está determinada por el valor máximo de la relación entre la germinación promedio acumulada, por el día en el cual se produce esa germinación (Índice de CZABATOR).

Requerimientos para el ensayo

Todo ensayo de germinación deberá hacerse con semillas apartadas como “semilla pura” en el análisis de pureza. Por lo tanto, deberán aplicarse uniformemente a éste análisis las definiciones de “semilla pura” y de “materia inerte”, pues de lo contrario, podrá aumentar la variación entre los resultados de los ensayos de germinación.

La semilla pura deberá mezclarse bien y después se apartarán, sin escogerlas, 400 semillas por lo menos de cada clase que se vaya a ensayar en series iguales de 100 ó menos. La germinación media de todos los grupos representa el resultado del ensayo, siempre que la diferencia entre el resultado más alto y el más bajo no exceda de los siguientes límites:

10% para las semillas con capacidad germinativa media de 90% ó más;

12% para las semillas con capacidad germinativa media de 80% a 89%;

15% para las semillas con capacidad germinativa inferior a 80%.

Cuando la diferencia no exceda de estos límites, habrá que efectuar un nuevo ensayo. (En los ensayos en que los grupos de semillas contienen menos de 100 semillas y los límites se aplicarán a estas series).

Las semillas deberán repartirse uniformemente sobre el substrato y se separarán lo bastante para impedir, en lo posible, que los gérmenes se pongan en contacto antes de ser contados y separados. En la tabla 2, se indican los días que deben transcurrir para efectuar el primero y el último conteo. El analista, de acuerdo con su criterio, puede efectuar conteos intermedios una vez que los gérmenes hayan alcanzado un grado de desarrollo que permita evaluar todas sus partes fundamentales.

La semilla forestal que origine múltiples gérmenes por presentar muchos embriones se contará como una sola semilla en el ensayo de germinación. Cuando el porcentaje de semillas forestales con múltiples embriones pase de 5, se indicará en el certificado el porcentaje real de semillas.

En las muestras de semillas forestales es frecuente que al terminar el ensayo queden semillas sin germinar que parezcan frescas y viables. El porcentaje de estas semillas con embriones durmientes pero viables deberá determinarse y mencionarse en el certificado de análisis. Esta determinación puede hacerse bien prolongando el ensayo de germinación más tiempo del prescrito en la tabla 3, por disección de la semilla, o bien sometiéndolas a un ensayo bioquímico como, por ejemplo, el método del tetrazolio. En el certificado de análisis deberá mencionarse el método utilizado.

Substratos

Los substratos de papel pueden ser de papel secante absorbente para germinación, papel filtro, o toallas de papel. El papel secante y las toallas dobladas se suelen emplear para los ensayos BP (del inglés “between paper”), en que las semillas se colocan entre dos papeles; las toallas para los ensayos RP (“rolled paper”), en que las semillas se envuelven en el papel arrollado, y el papel filtro, el secante o ambos juntos para los ensayos TP (“top of paper”) en que las semillas se colocan sobre el papel. El papel filtro para los ensayos TP puede, a su vez colocarse sobre una capa de algodón absorbente o de papel poroso. Todos los substratos de papel deberán estar libres de sustancias químicas tóxicas y de colorantes acuosolubles. Cuando el nacimiento de gérmenes anormales denote la acumulación de sustancias tóxicas, se repetirá.. El grosor total del substrato húmedo no deberá

ser inferior a 2 mm. de diámetro aproximadamente, especialmente para semillas de gran tamaño. Si se utiliza arena no debe estar compuesta por partículas ni muy finas ni demasiado grandes, y lo mejor será que esté compuesta por partículas que pasen por un tamiz de 0.8 mm, pero que queden retenidas en uno de 0.05 mm de diámetro. La tierra y arena deberán esterilizarse para matar hongos, bacterias, nemátodos y semillas extrañas que pudiesen haber.

Temperatura

La gran mayoría de los ensayos de germinación se realizan con temperaturas oscilantes entre los 20 y 30° C. Sin embargo, se debe tener presente que la temperatura óptima de germinación entendiéndose como tal, a aquella en la cual se produce la mayor y más rápida germinación es específica para las distintas especies. Las semillas de muchas especies se comportan como latentes cuando se les pone a germinar a temperaturas muy por encima o debajo de su óptimo. Para siembras operacionales es indispensable conocer la mejor temperatura de germinación de las semillas de la especie.

Luz

Casi todas las semillas que requieren luz para germinar se ensayan a temperaturas alternadas, según se prescribe en la tabla 3. Salvo indicación en contrario, las semillas deberán recibir luz todo el tiempo que estén sometidas a la máxima temperatura alterna. Tanto la luz natural como la artificial son eficaces, pero durante la exposición de las semillas a la luz deberán mantenerse las temperaturas prescritas. Las semillas aparentemente durmientes, la intensidad de la luz deberá variar entre unos 750 a 1.250 lux.

Humedad y aireación

La cantidad de humedad necesaria para el comienzo de la germinación depende de la naturaleza y las dimensiones del germinador utilizado. Luego el analista, siempre que lo estime preciso, humedecerá de nuevo los germinadores. El substrato estará siempre húmedo para atender a la necesidad de agua de las semillas, pero esta humedad no deberá ser excesiva para no entorpecer la aireación de las mismas. Salvo cuando se trate de semillas que necesiten mucha humedad en los medios de germinación, los substratos de papel secante o de papel de otra clase no deberán estar nunca tan húmedos que al oprimirlo con el dedo se forme alrededor de éste una película de agua. La cantidad de agua que habrá que añadir a la arena dependerá de las características de ésta y del tamaño

de semilla que se requiere la arena que se emplea y, una vez hecho esto, para los ensayos ordinarios se utilizarán las cantidades de agua determinada.

Al preparar los ensayos en tierra, habrá que añadir agua hasta que la consistencia de la tierra sea tal que se forme una bola al comprimir la tierra en la palma de la mano, pero cuando esta bola se apriete con los dedos se desmorone fácilmente. La tierra después de humedecida, se criba y se pone, sin comprimirla, en los recipientes destinados al ensayo.

Para evitar la pérdida de humedad, deberán cubrirse los ensayos en arena y suelo con papel secante húmedo o con platos de vidrio, hasta que empiecen a brotar los gérmenes. La adición de agua, una vez iniciado el ensayo, dependerá de la evaporación del agua del substrato en las estufas de germinación. Como la velocidad de evaporación depende de la humedad relativa del aire, conviene mantener aguas en las estufas de germinación o recurrir a otros medios para que dicha humedad relativa no baje de 90 a 95 por ciento aproximadamente. A intervalos frecuentes, se vigilará la marcha de los ensayos de germinación para cuidar que la humedad del substrato sea adecuado en todo momento.

Enfriamiento previo

Las semillas cuyo ensayo de germinación se va a efectuar se ponen en contacto con el substrato húmedo y se mantienen a temperatura baja por algún tiempo más antes de sacarlas a la temperatura indicada en la columna 3 del cuadro 3. Las semillas forestales se mantienen a una temperatura comprendida entre 3° C y 5° C durante un tiempo que varía de 7 días a 12 meses, según la especie. En algunos casos, puede que sea necesario prolongar el período de enfriamiento del ensayo de germinación, pero, en el certificado de análisis, se indicará tanto la duración de dicho enfriamiento como la temperatura a que se efectúa.

Lavado de semillas

Cuando la germinación se ve obstaculizada por una sustancia propia de la semilla, que actúa de inhibidor, dicha sustancia puede eliminarse poniendo a remojo y lavado la semilla con agua antes de proceder al ensayo de germinación. La duración de este tratamiento y la temperatura del agua se indicarán en el certificado de análisis.

Apreciación de las semillas germinadas

En el ensayo de germinación es necesario separar los gérmenes normales que figuran en el porcentaje de germinación, de los anormales sin valor alguno para la producción de plantas.

Para lograr la uniformidad en la apreciación, deberá aplicarse una de las definiciones siguientes:

Gérmenes normales

a.- Se consideran gérmenes normales a los que, cuando se cultivan en un suelo de buena de calidad, exento de organismos patógenos, nemátodos, semillas extrañas, y en condiciones normales de temperatura, humedad y luz favorables, son capaces de originar de modo continuo plantas normales.

b.- Cuando exista

- Un sistema radicular bien desarrollado, con una raíz primaria.

- Un hipocótilo intacto y bien desarrollado cuyos tejidos conductores estén también intactos.

- Una plúmula o epicótilo intacto.

c.- Cuando los gérmenes en el hipocótilo, epicótilo o los cotiledones dañados o podridos superficialmente en una zona limitada que no afecte a los tejidos conductores, siempre que presenten un desarrollo vigoroso y equilibrado en las demás partes esenciales.

Gérmenes anormales

a.- Gérmenes anormales son los que, cuando se cultivan en suelo de buena calidad, exento de organismos patógenos, nemátodos semillas extrañas, en condiciones de temperatura, humedad y luz favorables, no son capaces de originar de modo continuo plantas normales.

b.- Se consideran anormales los gérmenes que tienen los siguientes defectos:

- Gérmenes dañados: los gérmenes sin cotiledones; los gérmenes con estrangulaciones, rajaduras, grietas o lesiones, que afectan a los tejidos conductores del epicótilo, el hipocótilo o la raíz; los gérmenes sin raíz primaria pertenecientes a las especies en que dicha raíz primaria es una parte esencial.

- Gérmenes deformados: los gérmenes de desarrollo débil o desequilibrado desde las partes esenciales, como por ejemplo, plúmulas, hipocótilos o epicótilos

arrollados en espiral o achaparrados; gémulas hinchadas y radículas poco desarrolladas; plúmulas rajadas; los gérmenes acuosos o los que no continúan desarrollándose después de la aparición de los cotiledones.

- Gérmenes podridos: los gérmenes con cualquiera de las partes esenciales enfermas o podridas hasta tal punto que no pueden cumplir sus funciones vegetativas normales, siempre que no haya pruebas indicativas de que la causa de la infección fue extraña a la semilla.

- Gérmenes cuyo cotiledón nazca del micropolio, o cuya radícula salga de una parte de la semilla distinta del microcopilo.

Determinación de la humedad

La muestra, de 100 g por lo menos, deberá enviarse al laboratorio de ensayo de semillas en recipientes cerrados, herméticos al aire, y completamente llenos, con el objetivo que no se produzca ninguna variación sensible de la humedad durante el período comprendido entre la toma de muestra y su ensayo. Las muestras se enviarán a la estación de ensayo de semillas sin demora alguna. La determinación de la deberá efectuarse lo más pronto posible una vez recibida la muestra, ya que la humedad puede variar como consecuencia de la respiración de las semillas.

Métodos

Para la determinación de la humedad, las semillas deberán clasificarse en uno de los tres grupos siguientes:

a) semillas cuya humedad deberá determinarse a los 130° C (*Alnus spp.* *Pinus spp.*, *Prunus spp.*)

b) Semillas cuya humedad no puede determinarse a 130° C por la existencia de constituyentes volátiles y que, por lo tanto, deben secarse a 105° C.

c) Semillas para las que la desecación a 105° C, es inadecuada por contener constituyentes extremadamente volátiles y que deben ensayarse por otros métodos, como por ejemplo, el de destilación con tolueno. (*Abies spp.* y *Picea spp.*).

La determinación se hará por duplicado. Todas las pesadas prescritas en este epígrafe deberán hacerse con una precisión de 1 mg. Se pesan las cápsulas con tapa (a gramos). Para cada operación, hay que colocar en cada cápsula de 4 a 5 gramos de muestra. Esta se distribuirá uniformemente por todo el fondo de la cápsula. Se tapa y se pesa ésta (b gramos). Se colocan las cápsulas en la estufa encima de sus tapas. La estufa deberá calentarse previamente a 130° C. Para

limitar la pérdida de calor, las cápsulas se pondrán en la estufa rápidamente. Una vez que la temperatura de la estufa haya llegado a 130° C, se proseguirá la desecación, se tapan inmediatamente las cápsulas y se colocan en el desecador para que se enfríen, (período de enfriamiento, 30 a 45 minutos), luego, se pesan las cápsulas con su contenido y su tapa (c gramos). El resultado es:

$$\text{Porcentaje de humedad} = \frac{b - c * 100}{b - a}$$

Las segundas determinaciones no deben diferir de las primeras en más de 0.2%. Si esta diferencia fuese mayor, se repetirá la determinación por duplicado.

ALMACENAJE DE SEMILLAS FORESTALES

Disponer de la cantidad necesaria de semillas para cada temporada de producción de plantas trae consigo algunas dificultades. Por esto, se torna imprescindible contar con semillas almacenadas que aseguren la continuidad de la producción.

El almacenamiento de semillas puede tener vital importancia cuando la cosecha de semillas no es uniforme, es decir cuando no es posible contar con una cantidad constante cada temporada. Muchas especies poseen hábitos de fructificación que no son anuales, por lo tanto, en los años de buena producción, se requiere cosechar gran cantidad, que considere tanto la siembra de esa temporada como de las posteriores. En ocasiones es necesario almacenar por períodos más cortos, ya que la fecha de recolección de las semillas no coincide con la época de siembra.

De cualquier manera, el objetivo principal del almacenamiento de semillas es mantener una cantidad de semillas viables desde que son recolectadas hasta el momento en que serán requeridas para la siembra (Willan, 1991). Semillas viables quiere decir que están vivas y son capaces de germinar al sacarse del almacenamiento.

La duración del almacenamiento puede ser variable, dependerá de muchos factores, aunque principalmente se deberá a las características propias de la semilla y de las condiciones ambientales. De acuerdo a la duración de las semillas pueden ser clasificadas en semillas de *vida corta*, de *vida media* y de *vida larga* (Hartmann y Kester, 1988).

Semillas de *vida corta* pierden su viabilidad si no germinan inmediatamente

después de ser dispersadas, aunque puede aumentarse su longevidad si se almacena de manera apropiada. Semillas de *vida media* pueden permanecer viables entre 2 y 15 años si el almacenamiento es el adecuado. Semillas de *vida larga* poseen en general cubiertas duras e impermeables al agua, esto aísla la semilla del ambiente conservándolas vivas, si la cubierta no recibe daño, es posible que puedan durar 100 años o más.

Como el almacenamiento considera la semilla desde la recolección hasta la siembra, la calidad final de la semilla se puede ver influenciada por la colecta y el procesamiento de éstas. Una semilla inmadura es pobre en germinación, sensible a daños producidos durante el procesamiento y a cambios de temperatura (Patiño *et al.*, 1983). En las últimas etapas de maduración de las semillas es en donde se engruesan y endurecen las cubiertas de la semilla que proporcionarán protección mecánica al embrión (Hartmann y Kester, 1988). Semillas maduras poseen adecuadas cantidades de sustancias de reserva que alimentarán al embrión durante su germinación.

Las condiciones de almacenamiento que mantienen la viabilidad de las semillas son aquellas que reducen la respiración y otros procesos metabólicos sin dañar el embrión (Hartmann y Kester, 1988). La viabilidad de las semillas se ve afectada principalmente por el contenido de humedad de la semilla, la temperatura y la atmósfera de almacenamiento.

El contenido de humedad de la semilla determinará la duración del almacenamiento, en general, las semillas de *vida corta* son sensibles a la desecación (*Recalcitrantes*). Son semillas que poseen una humedad elevada y pierden su viabilidad cuando ésta es reducida (Hartmann y Kester, 1988). Especies como encinos (*Quercus*), nogales (*Juglans*), araucarias (*Araucaria*), avellano (*Gevuina*) y bellotos (*Beilschmiedia*) poseen semillas de este tipo. Éstas pueden ser almacenadas en húmedo, por no más de un año. Otras semillas pueden ser incluso más sensibles a la pérdida de humedad, por lo que toleran ser almacenadas más allá de unos días, ejemplo de ello son aquellas especies de frutos carnosos pertenecientes a la familia Myrtaceae (arrayanes, lumas, myrceugenas, murtillas, etc.). En estos casos sólo se recomienda sembrar las semillas inmediatamente después de extraerlas del fruto.

La mayoría de las semillas de *vida media* y *larga* son tolerantes a la desecación (*Orthodoxas*), y deben secarse hasta un 4 a 6 % para almacenarse por períodos

prolongados (Hartmann y Kester, 1988). Es posible admitir un aumento en el contenido de humedad, pero sólo si va acompañado de una reducción en la temperatura.

Fluctuaciones de la humedad de las semillas reducen su longevidad (Hartmann y Kester, 1988), ya que se aumenta la tasa respiratoria. Esto provoca que las reservas de las semillas destinadas a alimentar al embrión durante la germinación sean consumidas mediante respiración al aumentar el metabolismo, lo que va reduciendo la calidad de las semillas.

Un aumento de la humedad de las semillas puede provocar bastantes problemas al almacenamiento. Con un 8 a 9 % de humedad se activan los insectos y se pueden reproducir, a un 12 al 14 % de humedad se inicia la actividad de los hongos, sobre un 20 % se producen calentamientos, y sobre el 40 al 60 % las semillas germinan (Hartmann y Kester, 1988).

Las bajas temperaturas prolongan la vida de las semillas, debido a que se reduce su metabolismo y se inhibe el desarrollo de insectos, hongos, bacterias u otros agentes que las dañen. Las temperaturas de almacenamiento se encuentran, en general, entre 0 y 10°C. Sólo si el contenido de humedad es muy reducido, la temperatura puede bajar de cero grado, sino no es posible ya que el agua libre contenida en la semilla se puede congelar rompiendo los tejidos.

De acuerdo a los factores controlados dentro del almacenamiento, se pueden distinguir distintos tipos (Hartmann y Kester, 1988):

- *almacenamiento abierto* (sin control de humedad ni temperatura): es posible de aplicar en climas secos o en semillas de cubierta dura, siempre que las semillas hayan sido secadas, aunque este tipo de almacenamiento puede no ser el más adecuado.
- *almacenamiento cálido con control de humedad*: supera a la técnica anterior ya que semillas que han sido secadas pueden almacenarse en bolsas selladas que aseguren minimizar las fluctuaciones de humedad.
- *almacenamiento en frío*: este tipo es mucho más recomendable que el anterior ya sea controlando o no la humedad. Aunque el procedimiento más satisfactorio es bajar el contenido de humedad de las semillas y almacenarlas en recipientes sellados y a temperaturas bajas, de esta

forma se puede mantener la longevidad al máximo.

- *almacenamiento frío-húmedo*: consiste en colocar las semillas en recipientes que mantengan la humedad o mezclarlas con algún material que retenga la humedad (por ejemplo: arena húmeda). Semillas recalcitrantes podrán ser almacenadas de esta manera, pero sólo por poco tiempo y con presencia de oxígeno, ya que las semillas continúan respirando.

Los recipientes utilizados para almacenar semillas pueden ser de diversos tipos (Willan, 1991). Materiales completamente permeables, como son los sacos de arpillera, bolsas de algodón o de papel pueden ser utilizados sólo si se trata de cortos períodos, ya que las semillas son susceptibles a ataques de roedores o insectos y al intercambio de vapor de agua y otros gases. El almacenamiento de semillas recalcitrantes exige la utilización de este tipo de envases, debido a que es necesario mantener un adecuado intercambio gaseoso para evitar el calentamiento de las semillas, en este caso la respiración de las semillas no puede reducirse tanto como en las ortodoxas, por lo que se requiere de la existencia de oxígeno para mantener su viabilidad.

Materiales herméticos se recomiendan para el almacenamiento de semillas ortodoxas, entre estos se encuentran latas o tambores de estaño o aluminio, cubetas de plástico, frascos de vidrio y bolsas de polietileno; aunque estas últimas no son completamente impermeables, por lo que se sugiere combinarlas con otros, por ejemplo bolsas con tarros. Cuando es necesario abrir los recipientes periódicamente, se aconseja incluir alguna sustancia deshidratante, como el gel de sílice, que impida el aumento del contenido de humedad de las semillas debido a fluctuaciones de la humedad ambiental producida al abrir constantemente los envases.

La elección del tipo de almacenamiento y del tipo de recipiente utilizado depende en gran parte de los recursos que se disponga.

Almacenamiento de semillas ortodoxas

Las semillas ortodoxas se almacenan mejor cuando su contenido de humedad disminuye. El contenido de humedad óptimo puede ser ligeramente diferente entre especies, por lo que una manera sencilla de reducirlo, aproximadamente hasta el nivel óptimo para la mayoría de las especies, consiste en colocar éstas a una temperatura ambiente de alrededor de 15 a 19°C, expuestas a una atmósfera

con humedad relativa de alrededor de 18 o 20% durante un mes. Esto se logra usando una cámara de deshidratación fresca o desecadores de campana de vidrio provistos de sílica-gel deshidratada o alúmina activada. Las campanas deben ser colocadas en un cuarto fresco.

Una instalación dedicada al almacenamiento de semillas debe estar provista de un cuarto de secado, con aire acondicionado y deshumidificadores, para destinarlo al proceso continuo de deshidratación de muestras de semillas. Debe recordarse que las semillas nunca deben secarse con calor, pues pocas sobreviven a estas condiciones.

Muchas semillas resisten una deshidratación muy profunda; en esos casos, el almacenamiento se realiza en tubos de cristal que contengan una sustancia deshidratante como el sílica-gel. También el hidróxido de sodio es un deshidratante muy utilizado para otros propósitos, pero nunca debe usarse con semillas.

Cuando las semillas están secas deben colocarse en contenedores o recipientes herméticamente cerrados y etiquetados, precisando el nombre de la planta, la fecha, el lugar de recolección y otros datos importantes. Los bancos de semillas emplean diferentes clases de recipientes, como frascos herméticos de cristal o de metal y tubos de cristal cerrados a fuego. Los bancos de semillas importantes utilizan preferentemente bolsas gruesas de polietileno selladas a fuego dentro de sobres de papel de aluminio.

Para instalaciones relativamente pequeñas de almacenamiento de semillas, son muy convenientes los viales de vidrio cerrados a fuego que contengan a las semillas, separadas de la sustancia deshidratante por medio de un algodón, ya que con ello se evita la humidificación accidental de las muestras. La muestra inicial de semillas se distribuye en varios viales, de manera que se cuente con material para almacenamiento prolongado, para almacenamiento temporal y para intercambio, sin riesgo de que al abrir y cerrar los recipientes se humedezcan las semillas accidentalmente (cuadro 21).

Las cámaras refrigeradas para el almacenamiento de semillas pueden variar mucho en tamaño y complejidad, dependiendo de las necesidades de cada instalación de almacenamiento. Las cámaras subterráneas amplias, construidas de paredes gruesas de concreto, son ideales para una instalación de gran tamaño. Están aisladas de los cambios atmosféricos de temperatura, requieren menos energía para funcionar y, sobre todo, pueden resistir catástrofes ambientales o

guerras. El almacén de semillas de pino del vivero del bosque Pine Ridge en Smoky Lake, Alberta, Canadá, es un edificio con paredes reforzadas de concreto de 43 cm de grosor, enterrado bajo una capa de 2 m de suelo, con excepción de la rampa de entrada y de un cuarto de servicios mecánicos. Entre las ventajas de esta instalación está: una buena protección del fuego; un ahorro considerable en consumo de energía, debido a la mínima exposición a las temperaturas de la superficie, y el hecho de que las fallas eléctricas y mecánicas tienen un efecto menor sobre las condiciones de almacenamiento, debido al excelente aislamiento del edificio. El cuarto de almacenamiento se mantiene a -18°C y menos de 50% de humedad relativa. El cuarto subterráneo de manejo de semillas se mantiene a 4°C para evitar la condensación de agua sobre las semillas frías, cuando los contenedores de almacenamiento tienen que ser abiertos. Instalaciones similares deberían construirse en varios lugares y alguna organización internacional debería encargarse de la construcción de un almacén de semillas, de gran capacidad, que estuviera situado en una instalación subterránea construida en algún lugar como la Antártida, el permafrost ártico o las nieves perpetuas de una zona montañosa. Esto permitiría que el valioso germoplasma de las semillas de plantas de cultivo o silvestres sobreviviera periodos caóticos de guerra, trastornos políticos, caos económicos, o catástrofes ecológicas.

Varias obras describen cómo construir una cámara de almacenamiento de semillas y se citan en la bibliografía. Cualquier laboratorio, herbario, jardín botánico o vivero puede mantener un banco de semillas ortodoxas operando con pocos recursos y personal tomando en cuenta las siguientes indicaciones:

Las semillas ortodoxas se pueden almacenar en un congelador doméstico de tipo horizontal o vertical, pero deben evitarse los cambios prolongados de temperatura durante fallas eléctricas mediante el empleo de un generador que se encienda automáticamente al ocurrir la falla eléctrica. El procedimiento de almacenar las semillas en viales cerrados a fuego es el más adecuado cuando no se dispone de un cuarto especial refrigerado para abrir los recipientes, ya que es posible dejar que los viales gradualmente tomen la temperatura ambiente antes de proceder a abrirlos, y sólo una pequeña muestra de semillas es expuesta cuando se requiere extraer algunas semillas del banco. En cualquier caso, ya se trate de un almacén de semillas pequeño o de un gran proyecto de importancia nacional, es indispensable una política estable de conservación del germoplasma, un administrador y personal bien preparado e interesado en el proyecto, así como un apoyo económico continuo para asegurar la perpetuación de la instalación y su buen funcionamiento.

CONCLUSIONES

Un programa sobre conservación y manejo de semillas tiene objetivos a corto y a largo plazo. Los de corto plazo se concentran en el desarrollo de una estrategia para la recolecta representativa de semillas y para cubrir la demanda de éstas. Los objetivos a largo plazo son asegurar la existencia de una provisión sostenida de semillas de alta calidad y de larga viabilidad, y desarrollar plantas de mayor calidad mediante programas de mejoramiento y selección de las características genéticas más deseables de estas plantas. De esta manera, un programa bien equilibrado de manejo de semillas tiene esencialmente tres componentes: 1) la obtención de las semillas, que es el conjunto de prácticas organizadas para obtener y conservar semillas de alta calidad y mantener una disponibilidad permanente de éstas; 2) el mejoramiento de árboles, que es el conjunto de prácticas diseñadas para obtener genotipos más deseables de plantas para la reproducción y propagación, y 3) la conservación de recursos genéticos, que es el conjunto de prácticas diseñadas para conservar el germoplasma a largo plazo y con cierto grado de variabilidad genética para las demandas futuras.

En párrafos anteriores hemos tratado ampliamente los aspectos de manejo y conservación de semillas, por lo que sólo resta tratar aquí el tema del mejoramiento genético de una manera somera, ya que se trata de un asunto de suma complejidad.

Obtener muestras de semillas mejoradas es una necesidad que puede resolverse de diferentes maneras. En especies de vida larga, en que se requieren muchos años para que las plantas alcancen la edad reproductiva, las prácticas de entrecruza, hibridización y selección que se utilizan en los cultivos de plantas anuales son difíciles de aplicar y sólo se obtienen resultados a muy largo plazo. Por esta razón, en plantas leñosas se recurre frecuentemente a la selección clonal o vegetativa, de la que se habla más extensamente en el siguiente capítulo.

Una de las técnicas más empleadas para asegurar una fuente constante y de buena calidad de semillas, sobre todo en el caso de árboles de valor forestal, es la creación de rodales semilleros. Esto se lleva a cabo seleccionando árboles de alta calidad, buena forma y alta producción de semillas viables. Con estas semillas se forman cultivos en áreas de suelos y humedad adecuada y los individuos que aquí nacen constituyen una fuente valiosa de semillas, que son las que se utilizan para generar los viveros destinados a reforestación y reemplazo de los árboles

cosechados en los bosques.

Sin embargo, no debe pensarse que las técnicas de selección sexual no se han aplicado a plantas longevas. Las culturas con larga tradición hortícola nos han legado árboles cultivados con propiedades alimentarias, o de otra índole, muy valiosas, que indudablemente fueron el resultado de técnicas de hibridización o entrecruza en las que se hizo gala de paciencia, una de las cualidades más escasas de la modernidad.

BIBLIOGRAFÍA

- Baldwin, H.I. y Holmes, G.D. 1955. **La manipulación de semillas forestales.** Colección FAO: Cuadernos de Fomento Forestal Nº 4. FAO, Roma.
- Bonner, F.T. 1977. **Equipment and supplies for collecting, processing, storing and testing forest tree seed.** USDA Forest Service Gen. Tech. Rep. SO-13, Southern Forest Experiment Station.
- CEMAGREF. 1982. **Les semences forestières.** Note technique Nº 48. Centre national de machinisme agricole, du génie rural, des eaux et des forêts. Groupement technique forestier, Nogent-sur Vernisson.
- Doran, J.C., Turnbull, J.W., Boland, D.J. y Gunn, B.V. 1983. **Manual sobre las semillas de acacias de zonas secas.** Una guía para la cosecha, extracción, limpieza y el macenamiento de la semilla y para el tratamiento que estimule la germinación de las acacias de la zona seca. FAO, Roma.
- ENVIRONMENT CANADA. 1983. **Reproduction of Conifers. A Handbook for cone crop assessment.** Forestry Technical Report 31, Canadian Forestry Service.
- FAO. 1985. **Información sobre Recursos Genéticos Forestales.** Roma. Nº 1-13,
- FAO. 1974. **Informe sobre el curso de capacitación FAO/DANIDA sobre la mejora genética de árboles forestales.** Kenya, MR/E 8438. FAO, Roma.
- FAO. 1975a. **Catálogo de Semillas Forestales.** FAO, Roma.
- FAO. 1975b. **Informe sobre el Curso FAO/DANIDA de Capacitación en Recogida y Manipulación de Semillas Forestales.** Tailandia, MR/H 2855/E. FAO, Roma.
- FAO. 1980. **Mejora Genética de Árboles Forestales. FAO/DANIDA.** Estudio FAO: Montes, 20. (Versión original en español 1980, en francés e inglés 1985).
- Ffolliot, P.F. y Thames, J.L. 1983. **Recolección, manipuleo, almacenaje y**

- pretratamiento de las semillas de *Prosopis* en América Latina.** FAO, Roma.
- Hartmann, H. y Kester, D. 1988. **Propagación de Plantas.** México D.F. Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V. 760 p.
- ISTA. 1976. **International Rules for seed testing. Rules and annexes.** International Seed Testing Association, Seed Sci. and Technol. 4, 3–177. (Amendments from 1977 and 1980 published in Seed Sci and Technol. 1981).
- IUFRO. 1973. **International Symposium on seed processing.** Bergen, Noruega 1973. Vol. 1: Seed processing (22 papers), Vol. 2: Seed problems of developing countries (31 papers). International Union of Forest Research Organizations, Working Party S2.01.06: Seed problems. Royal College of Forestry, Estocolmo, Suecia.
- Johnson, C.D. 1983. **Manual sobre insectos que infestan la semilla de *Prosopis*.** FAO, Roma.
- Magini, E. 1962. **Aparatos y procedimientos para la manipulación de las semillas forestales II: Tratamientos sanitarios, almacenamiento, ensayo de semillas y transporte.** Unasylyva 16 (1) 20–35 FAO, Roma.
- Morandini, R. 1962. **Aparatos y procedimientos para la manipulación de las semillas forestales I. Producción, Recolección y Extracción de Semillas.** Unasylyva 15 (4), FAO, Roma.
- OCDE. 1974. **OECD scheme for the control of forest reproductive material moving in international trade.** París.
- Patiño, F.; DE LA Garza, P.; Villagomez, Y.; Talavera, I. y Camacho, F. 1983. **Guía para la recolección y manejo de semillas de especies forestales.** México D.F. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. Subsecretaría Forestal. Boletín Divulgativo N° 63. 181 p.
- Robbins, A.M.J., Irimeicu, M.I. y Calderon, R. 1981. **Recolección de semillas forestales.** Pub. Misc. N° 2, Escuela Nacional de Ciencias Forestales, Siguatepeque, Honduras.
- SAHR. 1981 y 1983. **Reunión sobre Problemas en Semillas Forestales Tropicales, San Felipe - Bacalar, Quintana Roo, México.** Octubre de 1980. Tomo 1–2, Publicación Especial N° 35 y 40, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. (Proceedings IUFRO/ISTA/INIF Workshop on Tropical Seed Problems).
- Southgate, B.J. 1983. **Manual sobre insectos que atacan a las semillas de *Acacia*.** FAO, Roma.
- Turnbull, J.W. 1984. **Suppliers of Germplasm of Nitrogen Fixing Trees.**

- Division of Forest Research Internal Report 16. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, Canberra, Australia.
- USDA.1974. **Seeds of Woody Plants in the United States (Ed. C.S. Schopmeyer)**. Agric. Handbook № 450, Forest Service, USDA, Wáshington D.C.
- Willan, R.L. 1991. **Guía para la manipulación de semillas forestales, estudio con especial referencia a los trópicos**. FAO Montes 20/2. 502 p.
- Yeatman, C.W. y Nieman, T.C. 1978. **Safe tree climbing in forest management**. For. Tech. Rep. 24, Canadian Forestry Service, Ottawa.

Rosa Martínez Ruiz

Doctora en Ciencias en Biotecnología Forestal por el Colegio de Postgraduados *Campus* Montecillo, Estado de México. Maestra en Ciencias en Ciencias Forestales por la Universidad Autónoma Chapingo. Ingeniera Agrícola especialista en Agroecosistemas por la Universidad Nacional Autónoma de México. Profesora Investigadora en el Programa Forestal y Desarrollo Sustentable de la Universidad Autónoma Indígena de México. Correo electrónico: ruizrosa@yahoo.com.mx

Gustavo Enrique Rojo Martínez

Doctor en Ciencias Forestales por el Colegio de Postgraduados *Campus* Montecillo, Estado de México. Maestro en Ciencias en Ciencias Forestales por la Universidad Autónoma Chapingo. Ingeniero Agrícola especialista en Agroecosistemas por la Universidad Nacional Autónoma de México. Profesor Investigador en el Programa Forestal y Desarrollo Sustentable de la Universidad Autónoma Indígena de México. Correo electrónico: grojomtz@yahoo.com.mx **Miembro del Sistema Nacional de Investigadores (SNI), CONACYT – México.**

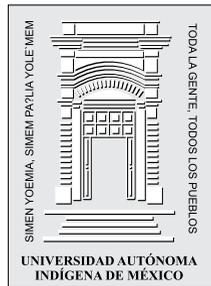
Jesús Jasso Mata

Doctor en Ciencias Forestales por la Universidad de Yale. Maestría en Ciencias Forestales por la Universidad de Yale. Ingeniero Agrónomo especialista en Bosques por la Universidad Autónoma Chapingo. Profesor Investigador del Programa Forestal del Colegio de Postgraduados *Campus* Montecillo, Estado de México, México. **Miembro del Sistema Nacional de Investigadores (SNI), CONACYT – México.** Correo electrónico: jejama@colpos.mx

Pascual Vázquez Peñate

Ingeniero en Sistemas Computacionales por la Universidad Autónoma Indígena de México. Estudiante de Doctorado en Ciencias en Desarrollo Sustentable de Recursos Naturales de la Universidad Autónoma Indígena de México. Correo electrónico: pvazquezp@gmail.com.

Cuerpo Académico



uaim

Desarrollo Sustentable

Universidad Autónoma Indígena de México (UAIM)

DIVERSIDAD MORFOLÓGICA DE LAS HABAS (*Vicia faba* L.) CULTIVADAS EN REGIONES PRODUCTORAS DE MÉXICO Y RENDIMIENTO DE GRANO

Ramón Díaz Ruiz

INTRODUCCIÓN

El cultivo de haba se siembra en las regiones templadas donde representa una opción por su tolerancia a las heladas durante la etapa vegetativa, valor nutritivo y mejoramiento de la fertilidad de los suelos, lo cual conduce a la especie a ser parte de los sistemas de cultivo practicados por los agricultores.

La diversidad en colores de testa de la semilla indica la variabilidad existente en las variedades cultivadas. El aprovechamiento de la variabilidad con fines de aumentar el rendimiento de grano y ejote, introducir resistencia a las principales enfermedades que dañan el cultivo, respuesta favorable a los factores climáticos y mejorar la calidad nutricional y culinaria puede efectuarse mediante diferentes técnicas de mejoramiento clásico y modernas como es la selección asistida por marcadores moleculares.

La importancia de la especie estriba también en la distribución de su cultivo en diferentes regiones del país, así, los tres estados principales productores de haba en grano por superficie sembrada son Puebla, Tlaxcala y Veracruz (Cuadro 1). En producción de haba como hortaliza destacan el Estado de México, Puebla y Tlaxcala (Cuadro 2). El Estado de Puebla sobresale significativamente en la producción de haba en grano con el 64% de la producción nacional y en producción de ejote se ubica en segundo lugar con el 26% de la producción del país (SAGARPA, 2007). El estado de México es el principal productor de haba en ejote aportando el 52% de la producción en México.

Cuadro 1. Estados principales de México productores de haba en grano.

Estado	Superficie sembrada (ha)	Rendimiento (ton ha⁻¹)	Producción (ton)	Valor económico (miles de pesos)
Puebla	16,800.00	1.13	16,389.99	127,803.31
Tlaxcala	3,070.00	0.82	2,516.20	11,395.84
Veracruz	2,412.00	1.75	3,647.00	24,648.21
Hidalgo	770.00	0.96	734.00	3,189.50
Estado de México	312.00	2.18	680.15	4,371.27

Fuente: SAGARPA, 2007.

Aunque la superficie de siembra destinada a la producción de haba en grano es mayor que la destinada a producción de ejote, el valor económico es más notable cuando se aprovecha como hortaliza (ejote). Sin embargo, en ambas formas de producción se requieren variedades exclusivas para cada propósito.

Cuadro 2. Estados principales de México productores de haba en ejote.

Estado	Superficie sembrada (ha)	Rendimiento (ton/ha)	Producción (ton)	Valor económico (miles de pesos)
Estado de México	5,183.50	6.29	32,623.08	139,837.28
Puebla	2,474.00	6.65	16,443.30	33,852.53
Tlaxcala	1,416.50	4.85	6,872.25	23,761.96
Michoacán	745.50	5.04	3,756.45	11,998.20
Distrito Federal	287.80	2.37	681.41	2,687.48

Fuente: SAGARPA, 2007.

Las variedades mejoradas con características agronómicas de interés para los agricultores del Estado de Puebla son escasas, solo hay variedades criollas identificadas como sobresalientes. Para complementar los caracteres contenidos en las variedades existentes es necesario generar variedades que contengan genes ligados a caracteres deseables por los agricultores y la industria aprovechando el germoplasma nativo.

De acuerdo con algunos reportes, el germoplasma de haba se ha integrado en cinco grupos con base en su color y tamaño de la semilla: tarragona, cochinerita, parraleña, blanca y morada (Díaz-Ruiz *et al.*, 2000). Sin embargo, de acuerdo a la clasificación realizada por Cubero (1974), en México, solo se tienen identificados hasta el momento dos grupos botánicos de haba denominados *mayor* y *equina*. Estos dos tipos están integrados por los diferentes colores existentes en México, los cuales son amarillo, beige o blanca, roja o morada y moteada o parraleña (Díaz-Ruiz *et al.*, 2006).

Las nuevas herramientas aplicadas al mejoramiento de plantas como son los marcadores moleculares, tienen la ventaja de precisar la ubicación de los genes encargados de la expresión de los caracteres deseables a través de la construcción de un mapa genético. Avances en el mapeo y ubicación de genes de resistencia a enfermedades en haba han sido logrados por diferentes investigadores (Díaz-Ruiz *et al.*, 2005; Avila *et al.*, 2003; Román *et al.*, 2003). Cuando los marcadores son identificados como detectores de caracteres, facilitan la selección de plantas que contienen dichos caracteres en estado de plántula. Esto permite un ahorro en tiempo y económico.

En el presente escrito se describe la diversidad de las habas a nivel morfológico en las etapas vegetativa y reproductiva, el rendimiento de grano de variedades sobresalientes y su comportamiento en diferentes ambientes. Finalmente se mencionan los futuros trabajos de investigación a realizar en las habas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Fase de campo

El programa inició con una colecta de habas en 22 comunidades (no presentadas) pertenecientes a la región productora de haba del Estado de Puebla y Tlaxcala. Las variedades fueron ensayadas en las localidades de San Miguel Zoapan (L1)

ubicada entre los 2800 y 3000 msnm y San Miguel Ocotenco (L2) situado entre los 2600 y 2800 msnm, ambas localidades ubicadas en el Estado de Puebla. Los terrenos utilizados para la investigación pertenecen a productores que cultivan la especie.

Se colectaron 236 variedades nativas, las cuales fueron ensayadas y distribuidas en el campo utilizando diseños de latices 10X10 y 6X6 teniendo cada variedad repetida dos veces. La parcela experimental de cada variedad fue de un surco de 5 m de largo por 0.7 m de ancho. Las matas se separaron 0.5 m, el número de plantas por mata fue alternada entre 3 y 2, forma en que el agricultor siembra tradicionalmente.

Las fuentes de fertilizante utilizadas fueron nitrato de amonio y superfosfato de calcio triple. La fórmula de fertilización fue 40-40-00. El fertilizante se aplicó en dos partes, primero la mitad de nitrato de amonio más todo el superfosfato de calcio triple y segundo la mitad faltante de nitrato de amonio. Después de ser aplicado el fertilizante se cubrió con una capa de suelo.

Durante el desarrollo del cultivo las hierbas fueron eliminadas mediante tres escardas, la primera a los 30 días después de la siembra, la segunda al iniciar la formación de frutos y la tercera a la madurez fisiológica.

La selección de variedades se realizó con base a la variable rendimiento de grano. La primera selección se obtuvo mediante el promedio del rendimiento por variedad en las dos localidades y se seleccionó el 10 % de los genotipos con mayor rendimiento. La segunda selección fue con base a la interacción de las variedades con el ambiente, se identificaron las variedades con mayor estabilidad en el rendimiento de grano (Muñoz, 1997).

Fase de invernadero

En invernadero se sembraron 200 variedades de haba con el fin de describirlas mediante caracteres morfológicos (Figura 1). Cada variedad fue sembrada en cuatro macetas desarrollando una planta en cada una de ellas. Las macetas se llenaron con suelo mezclado con lombricomposta a razón de 3:1. La fertilización fue realizada con las mismas fuentes de fertilizantes y dosis utilizadas en campo.

En el conjunto de variedades se identificaron las que expresan mejor los siguientes caracteres: resistencia a enfermedades y plagas, precocidad, contenido de pigmentos en el tallo, número de tallos, arquetipos, rendimiento de grano y ejote.



Figura 1. Cultivares de haba sembradas en macetas y desarrolladas en invernadero.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Evaluación de variedades en campo

Los cultivares seleccionados presentaron rendimientos promedios de 1.58 a 1.27 ton ha^{-1} en la L1 y L2 respectivamente (Cuadro 3) y en promedio de ambas localidades fue igual a 1.43 ton ha^{-1} . Estos rangos de rendimiento superan al promedio estimado en Puebla de 1.13 ton ha^{-1} . Por localidad, en el ambiente favorable con precipitación de 676.9 mm el rendimiento de las variedades seleccionadas fue de 0.24 a 3.36 ton ha^{-1} y en el ambiente menos favorable con precipitación igual a 271.9 mm el rendimiento fluctuó entre 0.23 y 2.37 ton ha^{-1} .

En la L1 el cultivar con mayor rendimiento superó tres veces el rendimiento promedio reportado para Puebla y seis variedades presentaron 50% más de rendimiento de grano en relación al promedio. En la L2 solo dos variedades superaron al rendimiento promedio estatal en un 50%. Los cultivares moteados o parraleños y roja se expresaron mejor en la localidad desfavorable que en la favorable por lo que en ambientes críticos pueden ser consideradas.

La fluctuación del rendimiento expresado por las diferentes variedades seleccionadas ha permitido identificar variedades con adaptación a los ambientes favorables caracterizados por presentar lluvias aceptables en cantidad y distribución, y a los ambientes considerados desfavorables donde las lluvias son limitadas en cantidad y la distribución es irregular.

Cuadro 3. Cultivares de haba seleccionadas por su alto rendimiento de grano (ton ha⁻¹) y mayor estabilidad en ambientes.

Genealogía	Promedio	L1	L2	Color
Chichi-52	1.89	3.36	0.41	Amarillo
Ateate-12	1.73	1.89	1.56	Blanco
Aljalj-4	1.69	2.57	0.80	Blanco
Chichi-47	1.62	3.00	0.23	Amarillo
Aljalj-1	1.61	1.71	1.51	Amarillo
Ategue-17	1.56	2.01	1.11	Amarillo
Ategue-18	1.50	2.02	0.98	Amarillo
Seccoa-89	1.48	1.69	1.27	Amarillo
Serser-103	1.43	1.35	1.52	Blanco
Seccoa-95	1.40	1.33	1.47	Amarillo
Sercan-161	1.39	0.92	1.86	Roja
Seccoa-93	1.39	2.16	0.59	Amarillo
Serahu-140	1.37	0.57	2.18	Amarillo
Chicha-43	1.34	2.22	0.45	Amarillo
Espesp-76	1.32	1.84	0.81	Amarillo
Felcan-82	1.31	1.90	0.73	Blanco
Tlafco-191	1.31	0.62	2.00	Amarillo
Tlatla-174	1.31	0.24	2.37	Blanco
Serser-100	1.30	2.17	0.43	Amarillo
Tlafco-190	1.28	0.61	1.95	Parraleña
Ategue-22	1.28	0.78	1.77	Amarillo
Tlaava-204	1.27	0.50	2.04	Amarillo
Felcan-80	1.26	1.39	1.12	Amarillo
Tlatla-179	1.26	1.14	1.37	Amarillo
Promedio	1.43	1.58	1.27	

L1: San Miguel Zoapan, L2: San Miguel Ocotenco.

Los colores de las variedades seleccionadas fueron amarillo, beig o blanco, moteado o parraleño y rojo o morado. El color predominante fue amarillo, lo cual ha sido reportado también por Díaz-Ruiz *et al.* (2000). El haba color amarillo es la más comercial, motivo que conduce a los agricultores a sembrarla en mayor superficie. Los colores oscuros como la parraleña y roja tienen problemas en el mercado por lo que una forma de introducirlos al comercio es quitar la cáscara ya que los cotiledones tienden a ser amarillos en todos los colores de testa de haba.

En relación a la estabilidad, las variedades que interaccionaron poco con el ambiente fueron Ateate-12, Aljalj-1, Secco-89, Serser-103, Secco-95, Felcan-80 y Tlatla-179 (Cuadro 3). Estas variedades podrían recomendarse en cualquiera de estos sitios sin que el rendimiento de grano tienda a disminuir de forma significativa. Sin embargo, el rendimiento de estas variedades es menor al que se obtiene con las variedades seleccionadas para un ambiente específico (favorable o desfavorable). Sin embargo, es factible incluir en el mejoramiento de la especie las variedades promisorias en ambos ambientes más las de mayor estabilidad. Así mismo, iniciar estudios referentes a la calidad nutricional y culinaria con el fin de aportar valor agregado a las variedades seleccionadas. Por otro lado, evaluar la resistencia a las principales enfermedades y plagas que dañan al cultivo que se convierten en un factor limitante de la producción. Las investigaciones relacionadas con la estabilidad en haba han sido objeto de estudio con germoplasma del Mediterráneo y han encontrado variedades consideradas estables en el rendimiento pero susceptibles a la principal enfermedad que daña la especie en dicha región (Flores *et al.*, 1996). Los caracteres cuantitativos como el rendimiento de grano se favorecen mediante el método de retrocruzamiento (Simorte *et al.*, 1995) ya que se ha observado mayor eficacia en comparación con líneas generadas a través de autofecundaciones. Al respecto, cabría la posibilidad de combinar métodos de acuerdo al objetivo que se persiga.

Descripción morfológica de variedades en invernadero

Las variedades estudiadas han mostrado diversidad en diferentes caracteres. En la etapa vegetativa, se encontró variabilidad en el contenido de pigmentos en el tallo, hay variedades con tallos completamente verdes y tallos con pigmentación roja (Figura 2) concentrada en los ángulos de los tallos cuadrados de la planta. La pigmentación roja tiende a presentarse en las variedades con semilla moteada o parraleña donde llega a ser más intensa, sin embargo puede aparecer en tallos de plantas de provenientes de otros colores de testa.

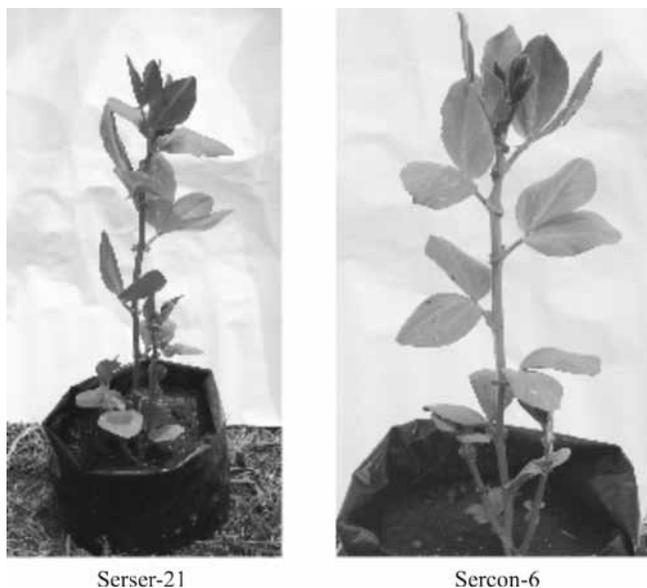


Figura 2. Cultivares de haba que expresan variabilidad en contenido de pigmentos en tallos.

De igual forma para el carácter número de tallos por planta, existen cultivares con tallos abundantes (Tlafco-13) y cultivares con pocos o nulo número de tallos (Tlazo-19) (Figura 3). Este carácter presenta herencia intermedia y en algunos casos dominancia parcial muy débil y positiva (Susó y Cubero, 1986; Cubero, 1981), aunado a ello el efecto ambiental es significativo.

Los arquetipos, muestran la forma que vemos de la planta en sus hojas, tallos, frondosidad, posición de las hojas y folíolos y su aspecto, la ubicación de vainas en el tallo carácter relacionado con la cantidad de nudos florales. En el germoplasma estudiado se tienen diferentes arquetipos frondosos, con frondosidad intermedia y sin frondosidad (Figura 4). El arquetipo indica la cantidad de agua que utiliza la planta, si es frondosa, es decir, con abundancia de hojas requiere mayor cantidad de agua durante su desarrollo que una planta con pocas hojas y de menor tamaño. Este hecho permite recomendar el tipo de planta para los diferentes ambientes. En ambientes con temporales caracterizados por distribución regular de la precipitación durante todo el ciclo del cultivo es recomendable un tipo de planta frondosa y con abundante número de tallos y hojas grandes. En ambientes con problemas de cantidad y distribución de lluvia es preferible un arquetipo poco frondoso con hojas pequeñas para evitar menor pérdida de agua por transpiración y con pocos o nulo número de tallos por planta.

La búsqueda de arquetipos que concentren la producción en cierta región del tallo facilita la cosecha y el manejo del cultivo. Otras alternativas para el manejo y producción de calidad en haba es la inclusión de variedades con hábito de crecimiento determinado y semideterminado. Algunos investigadores han obtenido y trabajado variedades de este tipo (Malhotra *et al.*, 1995; Stutzel y Aufhammer, 1992), lo cual indica la posibilidad de formarlas. Este tipo de hábito de crecimiento permite la inclusión de maquinaria en la cosecha debido a la concentración de vainas en un determinado extracto del tallo de las plantas más el tiempo de coincidencia en la madurez (Nadal *et al.*, 2005). Sin embargo, el rendimiento de grano y vainas es menor en las variedades de hábito determinado que las de hábito indeterminado.

El carácter edad a floración determina las variedades de ciclo corto, intermedio y largo. El conocimiento de las variedades por este carácter permite programar las fechas de siembra en un ciclo agrícola y de manera sistemática siembras continuas para producción de grano y ejote. A pesar de tener predominancia de variedades con hábito indeterminado en el germoplasma de México es factible encontrar variedades precoces (Figura 5), ya que en general, las variedades con este tipo de crecimiento son de ciclo largo. La uniformidad en la floración permite una madurez fisiológica de los frutos en periodos cortos y el aprovechamiento de todos los frutos formados por las plantas, ya que todas las vainas terminan su desarrollo. La obtención de variedades de ciclo corto es factible e importante para aumentar el número de cosechas bajo condiciones disponibles para el riego. Este carácter presenta alta heredabilidad y puede tener una base genética simple como se presenta en la variedad llamada OPTICA donde se ha identificado un solo gen encargado de la floración temprana (Duc, 1997).

Entre los materiales evaluados se buscan cultivares con tolerancia al daño provocado por pulgón. Hasta el momento se han observado cultivares con diferente grado de daño. La identificación de variedades con genes que inducen resistencia al pulgón ayudará a evitar la aplicación de productos químicos y daños por enfermedades inducidas por la presencia de dicha plaga. En relación a las enfermedades, se han observado cultivares con tolerancia a la mancha de chocolate por lo que están en proceso de confirmar su resistencia real a este hongo. Al mismo tiempo se estudia la resistencia a otros patógenos con el fin de incorporar el carácter de resistencia a las variedades a diferentes enfermedades que dañan a las habas. Es factible incorporar genes que expresen resistencia

a diferentes patógenos en una misma variedad, la cual se conoce como piramidización o acumulación de genes de resistencia a diferentes enfermedades en una variedad. La posibilidad de incorporar genes de esta forma es evidente como lo muestran los trabajos realizados sobre resistencia en diferentes especies (Nair *et al.*, 2005; Castro *et al.*, 2003; Risterucci *et al.*, 2003; Singh *et al.*, 2001).

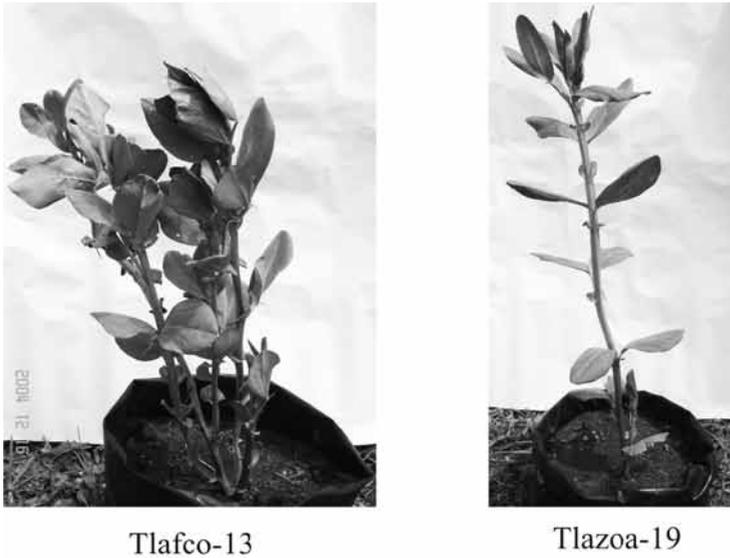


Figura 3. Cultivares de haba con diferente número de tallos por planta.



Figura 4. Cultivares de haba que muestran variabilidad en arquetipos.



Figura 5. Cultivares de haba que expresan diferente edad a floración. De izquierda a derecha: Variedad de ciclo largo, intermedio y corto.

Trabajos futuros en haba

Se cuenta con germoplasma nativo de haba que expresan caracteres de importancia agrícola tales como rendimiento de grano superior al estimado para la región productora de Puebla, diferencias en la pigmentación del tallo, cantidad de tallos por planta, ciclos biológicos cortos, intermedios y largos, arquetipos, tolerancia a plagas y enfermedades. Dichas variedades serán la materia prima para estudios de mejoramiento, caracterización, fisiología y manejo agrícola.

Mediante aplicaciones de cuestionarios se consultará a los productores de habas sobre los caracteres agronómicos, nutricionales y culinarios deseables que tengan las variedades cultivadas por ellos.

La selección asistida por marcadores será una herramienta para aplicar en el mejoramiento de las habas y se complementará con las técnicas de mejoramiento clásico. Para ello, las variedades sobresalientes en los caracteres deseables serán cruzadas con variedades que tengan baja expresión de los caracteres para generar poblaciones segregantes donde se identifiquen materiales con los genes involucrados en la expresión de los caracteres que superen a los progenitores. En estas poblaciones se realizará un mapa genético donde se localizarán las regiones o genes implicados en el carácter.

La caracterización de las variedades permitirá conocer la similitud entre ellas y la variación existente entre y dentro de las poblaciones que se cultivan en las

diferentes regiones productoras de haba. Así mismo serán definidas poblaciones élites. La caracterización se realizará mediante la descripción de caracteres morfológicos y herramientas moleculares.

La fisiología de la especie estará enfocada a los estudios relacionados con la fuente y demanda, incluyendo el rendimiento de grano y sus componentes. La eficiencia en la distribución de materia seca en los órganos de interés.

En el manejo del cultivo se buscará la mejor expresión agronómica en los sistemas monocultivo y policultivo en condiciones de riego y temporal. En el sistema policultivo se contemplan las variantes de asociación e intercalado con diferentes especies.

CONCLUSIONES

La diversidad morfológica se expresa en diferentes caracteres de la planta como en color de semilla, arquetipos, edad a floración, número de tallos en la planta, pigmentación del tallo, rendimiento de grano y estabilidad a través de diferentes ambientes.

Variedades de haba con rendimiento de grano superior al reportado en el estado de Puebla han sido identificadas en el germoplasma cultivado.

La aplicación de técnicas y métodos clásicos y modernos en los estudios básicos y aplicados referentes a los aspectos agronómicos, fisiológicos y mejoramiento de las habas generará conocimiento útil y confiable para ser aprovechado por los productores del cultivo y las empresas dedicadas a la transformación de las habas al aportar valor agregado, asimismo se obtendrá conocimiento básico para explicar los fenómenos que ocurren en la especie y pueda ser de utilidad en otras especies de leguminosas.

Agradecimientos

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el financiamiento al presente trabajo de investigación.

BIBLIOGRAFÍA

- Avila C. M., Sillero J. C., Rubiales D., Moreno M. T., Torres A. M. 2003. **Identification RAPD markers linked to Uvf-1 gene conferring hypersensitive resistance against rust (*Uromyces viciae-fabae*) in *Vicia faba* L.** *Theor. Appl. Genet.*, 107: 353-358.
- Castro A. J., Chen X., Hayes P. M., Johnston M. 2003. **Pyramiding quantitative trait locus (QTL) alleles determining resistance to barley stripe rust: effects on resistance at the seedling stage.** *Crop Sci.* 43: 651-659.
- Cubero J. I. 1974. **On the evolution of *Vicia faba* L.** *Theor. Appl. Genet.*, 45: 47-51.
- Cubero J. I. 1981. **La mejora de habas de grano.** I. Selección. Ministerio de Agricultura y Pesca. An. INIA/Ser. Agric., Núm 16, pp 13-30.
- Díaz-Ruiz R., Delgado-Alvarado A., Herrera-Cabrera B. E., Sandoval-Castro E. 2006. **Germplasm of faba bean (*Vicia faba* L.) en México.** *In: International Workshop on Faba bean Breeding and Agronomy.* Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera. Junta de Andalucía. Córdoba, Spain. pp 188-190.
- Díaz-Ruiz R., Herrera C. B. E., Sandoval C. E. 2000. **La diversidad de haba (*Vicia faba* L.) en el Valle de Serdan.** XVIII Congreso Nacional de Fitogenética. Sociedad Mexicana de Citogenética. Chapíngo, México. p 115.
- Díaz-Ruiz R., Šatović Z., Román B., Rubiales D., Cubero J. I., Torres A. M. 2005. **QTL analysis of broomrape resistance in faba bean (*Vicia faba* L.).** *In: Kovacevic V., Jovanovac S. (eds) Proceedings of the XL Croatian Symposium on Agriculture with International Participation.* Opatija, Croatia. pp 181-182.
- Duc G. 1997. **Faba bean (*Vicia faba* L.).** *Field Crops Research*, 53: 99-109.
- Flores F., Moreno M. T., Martínez A., Cubero J. I. 1996. **Genotype-environment interaction in faba vean: comparison of AMMI and principal coordinate models.** *Field Crops Research.* 47. 117-127.
- Malhotra R. S., Robertson L. D., Saxena M. C. 1995. **Atability of performance of determinate faba bean (*Vicia faba* L.).** *J. Genet. Breed.*, 49: 1-8.
- Muñoz O. A. 1997. **Developing drought-and low N-tolerant maize.** *Proceedings of Symposium March 25-29, 1996. CIMMYT.* El Batán, México, pp 541-543.
- Nadal S., Cabello A., Flores F., Moreno Ma. T. 2005. **Effect of growth habit on agronomic characters in faba bean.** *Agric. Conspec. Sci.*, 70: 43-47.
- Nair S. K., Prasanna B. M., Garg A., Rathore R. S., Setty T. A .S., Singh N.

- N. 2005. **Identification and validation of QTLs conferring resistance to sorghum downy mildew (*Peronosclerospora sorghi*) and Rajasthan downy mildew (*P. heteropogoni*) in maize.** Theor Appl. Genet., 110: 1384-1392.
- Risterucci A. M., Paulin D., Ducamp M., N'Goran J. A. K., Lanaud C. 2003. **Identification of QTLs related to cocoa resistance to three species of *Phytophthora*.** Theor. Appl. Genet., 108: 168-174.
- Roman B., Satovic Z., Avila C. M., Rubiales D., Moreno M. T., Torres A. M. 2003. **Locating genes associated with *Ascochyta fabae* resistance in *Vicia faba* L.** Aust. J. Agric. Res., 54: 85-90.
- SAGARPA, 2007. Anuario Estadístico Agrícola 2007. **Oficina estatal de Información para el Desarrollo Rural Sustentable (OEIDRUS).** (En línea). Disponible en <http://www.oeidrus-Puebla.gob.mx>.
- Simorte T., Flores F., Torres A., Moreno M. T. 1995. **Componentes del rendimiento en generaciones segregantes de *Vicia faba*.** Investigación Agraria: Producción y Protección Vegetal. 10 (3): 401-413.
- Singh S., Sidhu J. S., Huang N., Vikal Y., Li Z., Brar D. S., Dhaliwal H. S., Khush G. S. 2001. **Pyramiding three bacterial blight resistance genes (*xa5*, *xa13* and *Xa21*) using marker-assisted selection into indica rice cultivar PR106.** Theor. Appl. Genet., 102: 1011-1015.
- Stutzel H. and Aufhammer W. 1992. **Grain yield in determinate and indeterminate cultivars of *Vicia faba* with different plant distribution patterns and population densities.** J. Agric. Sci. Camb., 118: 343-352.
- Suso M. J. and Cubero J. I. 1986. **Primitive and advanced forms of *Vicia faba*: differences concerning the quantitative inheritance of characters related to yield.** Genet. Agr. 40: 265-282.

Ramón Díaz Ruiz

Colegio de Postgraduados, Campus Puebla. Km 125.5 Carr. Fed. México-Puebla.
C.P. 72760. Puebla, Pue. México. Tel: 01 (22) 285 00 13, Fax: 01 (22) 285 14 44.
dramon@colpos.mx.

Cuerpo Académico



Comité Editorial Campus Puebla
Colegio de Postgraduados (CP)

“Tecnologías de Granos y Semillas”

Libros Técnicos: Serie Agricultura. Se terminó de imprimir en junio de dos mil nueve. Se tiraron mil ejemplares en los talleres de la imprenta universitaria.

