

ALMACENAMIENTO EN MEXICO

POSCOSECHA DE GRANOS

**POSCOSECHA DE GRANOS
BÁSICOS EN EL MEDIO RURAL**

MICOTOXINAS EN CEREALES

HONGOS EN GRANOS Y SEMILLAS

**CONTROL QUÍMICO DE PLAGAS
EN GRANOS ALMACENADOS**

**IDENTIFICACIÓN Y CONTROL DE
INSECTOS EN GRANOS ALMACENADOS**

MANEJO INTEGRADO DE ROEDORES



El momento ha llegado.
Todo el potencial agroalimentario
de México en un solo lugar.

México Alimentaria 2016 Food Show,
el encuentro de negocios agroalimentarios
más grande de América Latina que reúne a empresas
líderes del Sector Agroalimentario, Asociaciones
Agropecuarias, Instituciones Públicas,
Sector Financiero, Gobiernos Estatales
y la participación de diversos países para
promover y fomentar las conexiones
de negocios del gran potencial
agroalimentario mexicano
que se consolida cada vez más
en todo el mundo.

¿Te interesa ser expositor?

Envía un mensaje a:
contacto@mexicoalimentaria.mx



MÉXICO
ALIMENTARIA
2016 FOOD SHOW

Del 8 al 10 de diciembre 2016
Centro Banamex e Infield Hipódromo
de las Américas.

**Alimentando
nuestra grandeza
agroalimentaria.**

Conoce más en:
www.mexicoalimentaria.mx
o llama al (0155) 3871 7300 Ext. 50122

SAGARPA
SECRETARÍA DE AGRICULTURA,
GANADERÍA, PESQUERÍA Y
DESARROLLO RURAL



MexicoAlimentaria



@MXAlimentaria

El almacenamiento de productos agrícolas representa para cualquier economía, un eslabón estratégico en la cadena de valor agroalimentaria.

En la actualidad este tema ha dejado de ser un simple problema técnico, ya que la complejidad inherente que involucra el acopio, transporte y distribución de productos del campo, tiene repercusiones y ramificaciones en otros aspectos como: la producción, comercialización, distribución, consumo, crédito, información y políticas alimentarias, por mencionar algunos. De ahí, el cada vez creciente interés público y privado.

En nuestro país, existe una disparidad en infraestructura y sistemas de almacenamiento que se manifiesta en las diferentes regiones, en particular entre el norte y sur, así como entre los productores por tamaño de superficie. Esto provoca problemas en la comercialización de excedentes, presiones en la balanza comercial y altos costos de transporte, asumidos en algunas ocasiones, por quien los produce.

En el norte se cuenta con modernos centros de acopio que integran sistemas mecanizados de gran capacidad de almacenamiento, de hasta 50 mil toneladas o más. En contraste, en los estados del sur existen diversas problemáticas —almenacenes sin modernizar, número de unidades insuficiente, mala distribución, sin condiciones óptimas para la conservación de los granos— lo que provoca que los procesos de provisión y mercadeo sean ineficientes.

A fin de reducir estas debilidades, el gobierno federal está realizando un importante esfuerzo para generar los procesos necesarios, que nos permitan, como país, contar con una política integral de almacenamiento y productividad, con el propósito de generar efectos multiplicadores en beneficio de los productores, en especial los pequeños y medianos.

Para tal efecto, la SAGARPA a través de la Agencia de Servicios de la Comercialización y Desarrollo de Mercados Agropecuarios en conjunto con el Banco Mundial y diversas instituciones públicas y privadas, están trabajando en el desarrollo de un proyecto de infraestructura de almacenamiento que sea eficiente, moderno e incluyente. Se contempla que el proyecto incida en tres componentes que son de singular importancia: en la ampliación y rehabilitación de infraestructura de almacenamiento de calidad en las regiones donde se requiera, acompañada de dispositivos de capacitación y certificación de calidad de sus procesos y de los granos; en la promoción de mecanismos financieros con un enfoque a aquellos productores que tradicionalmente no han tenido acceso y; en la construcción de un sistema nacional de información centrado en precios, inventarios y calidad de los granos, que facilite la toma de decisiones de todos los involucrados y promueva la eficiencia y ordenamiento de los mercados.

Se espera que el siguiente año se apruebe el proyecto e inicien las actividades que permitan en un mediano plazo, contar con una política pública en torno a esta materia.

Cabe enfatizar, que un sistema de almacenamiento eficiente y moderno de granos es vital no sólo para procurar la oferta de alimentos —tanto para las grandes concentraciones de población como a las zonas con menor acceso— sino que también, puede jugar un rol significativo en el desarrollo rural y económico de importantes regiones al revalorar la diferencias y calidad, principalmente del maíz, de ahí que el proyecto ponga un énfasis concreto en entidades como Chiapas, Oaxaca, Estado de México, Guanajuato, Michoacán y Veracruz.

Debemos encaminarnos, en lo sucesivo, al aliento de proyectos de ésta índole porque permiten generar bienes públicos, los que representan un buen mecanismo para democratizar la productividad, elevar el ingreso de los dedicados a la actividad agrícola y la cadena productiva en su conjunto.

DIRECTORIO

SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA, DESARROLLO RURAL, PESCA Y ALIMENTACIÓN

SECRETARIO DE AGRICULTURA, GANADERÍA,
DESARROLLO RURAL, PESCA Y ALIMENTACIÓN:

JOSÉ EDUARDO CALZADA ROVIROSA

SUBSECRETARIA DE DESARROLLO RURAL:

MELY ROMERO CELIS

SUBSECRETARIO DE AGRICULTURA

JORGE ARMANDO NARVÁEZ NARVÁEZ

SUBSECRETARIO DE ALIMENTACIÓN Y COMPETITIVIDAD

RICARDO AGUILAR CASTILLO

AGENCIA DE SERVICIOS A LA COMERCIALIZACIÓN Y DESARROLLO DE MERCADOS AGROPECUARIOS

DIRECTOR EN JEFE DE ASERCA:

ALEJANDRO VÁZQUEZ SALIDO

EDITOR RESPONSABLE:

NOÉ SERRANO RIVERA

REDACCIÓN:

RAÚL OCHOA BAUTISTA

DISEÑO Y FORMACIÓN:

FRANCISCO RODRÍGUEZ CRUZ

COLABORADORES:

CHRISTIAN JOSÉ JIMÉNEZ COSTAS
ELISA FÉLIX BERRUETO
JOSÉ MELGAREJO HERNÁNDEZ

CONTENIDO

EDITORIAL	PAG.
POSCOSECHA DE GRANOS	3
POSCOSECHA DE GRANOS BÁSICOS EN EL MEDIO RURAL	7
HONGOS EN GRANOS Y SEMILLAS	11
MICOTOXINAS EN CEREALES	15
IDENTIFICACIÓN Y CONTROL DE INSECTOS EN GRANOS ALMACENADOS	21
CONTROL QUÍMICO DE PLAGAS EN GRANOS ALMACENADOS	34
MANEJO INTEGRADO DE ROEDORES	44



Facebook



ClaridadesAgropecuarias



InfoAserca



Twitter

Claridades Agropecuarias, editada por la Agencia de Servicios a la Comercialización y Desarrollo de Mercados Agropecuarios, Municipio Libre 377, Piso 8 ala B, Colonia Santa Cruz Atoyac, Delegación Benito Juárez, C.P. 03310, México Distrito Federal, Tel. (55) 3871 7300 Ext. 50164 y 50187.

Revista de publicación periódica 2016, Número de Certificado de Reserva de Derechos al Uso Exclusivo del Título expedido por el Instituto Nacional del Derecho de Autor 04-2013-061011080000-102. Certificado de licitud de Título y Contenido No.15984, ante la Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas Ilustradas de la Secretaría de Gobernación. Impresa por Impresora y Encuadernadora Progreso S.A. de C.V. México, S. de RL, de C.V. Distribuida por SEPOMEX, Tacuba No. 1, Colonia Centro, Delegación Cuauhtémoc, C.P. 06000, México, Distrito Federal, con los Registros Postales IM09-00863 y PP09-01908.

La responsabilidad de los trabajos firmados es exclusiva de los autores y no de la Agencia de Servicios a la Comercialización y Desarrollo de Mercados Agropecuarios, excepto cuando exista una aclaración expresa que así lo indique. Distribución exclusiva por suscripción. Se puede reproducir el material de esta revista siempre y cuando se cite la fuente, salvo en libros de distribución comercial, para lo cual se requerirá de autorización escrita por ASERCA. Las imágenes utilizadas en el contenido de esta revista son de carácter ilustrativo y no necesariamente concuerdan con el producto mencionado.

POSCOSECHA DE GRANOS *



Introducción

En México, la mayor producción de granos se obtiene durante el ciclo primavera-verano, sin embargo, actualmente se encuentra en operación la cosecha del ciclo otoño-invierno 2015/2016 destacando las producciones de maíz y sorgo en los estados de Sinaloa y Tamaulipas, donde se espera superen las producciones de ciclos anteriores como las reportadas en 2014 por 8'749,087.77 toneladas entre maíz y sorgo (SIAP, 2014), donde Sinaloa estima cosechar durante este año más de 5 millones de toneladas en estos cultivos, estos estados junto con Jalisco y el Bajío (Guanajuato, Querétaro y Michoacán) conforman el territorio de mayor producción de granos, sin menospreciar los estados de Chiapas y Sonora, este último en el cultivo de trigo. A pesar de que estas entidades son consideradas el granero de México, estas producciones no son suficientes para satisfacer las necesidades del país, lo que hace necesario realizar importaciones de granos procedentes de otros países, principalmente de los Estados Unidos de Norteamérica.

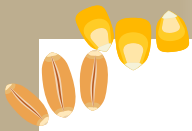
El proceso de cosecha de granos es una de las etapas del sistema de producción, donde se espera el momento oportuno de su cosecha, determinado principalmente por el contenido de humedad del grano, buscando realizarlo con las menores pérdidas de cantidad y calidad del mismo, previendo que estos se mantengan y que las condiciones ambientales no favorezcan el deterioro del grano, generalmente éste se da cuando los contenidos de humedad oscilan en el rango del 13 al 18%, sin embargo en los centros de acopio recomiendan recibir el grano por abajo del 14% para evitar castigos por concepto de secado y/o deterioro del grano dentro de sus almacenes.

Este proceso de cosecha y la reciba en los centros de acopio para su almacenamiento y conservación se denomina poscosecha de granos, la cual podemos definir como el conjunto de procesos técnicos y operativos que engloban desde el acopio de los granos hasta su comercialización, cuyo funcionamiento permite garantizar la conservación de granos para satisfacer la demanda del consumidor.

A nivel internacional, las pérdidas poscosecha en granos almacenados promedian el 5%, sin embargo, en los países subdesarrollados estos porcentajes se incrementan hasta en un 30%. Para nuestro país estas pérdidas van en el orden de 20 a 30%, mientras que la FAO reportaba que estos porcentajes oscilan entre 10 a 25%, estas oscilaciones en los porcentajes varían de región a región y entre ciclos agrícolas, aunque en los últimos años estos porcentajes tienden a disminuir por contar con infraestructuras de almacenamiento más tecnificadas. Entre otros factores, las pérdidas poscosecha se deben a la presencia de agentes bióticos como son los insectos, hongos, roedores e incluso aves entre otros, los cuales más adelante discutiremos.

* Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo. Profesor investigador del Centro de Capacitación y Desarrollo de Tecnología de Semillas. Departamento de Fitomejoramiento. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coah. Correo electrónico: marioe.vazquez@hotmail.com.

Dr. Ernesto Moreno Martínez. Investigador. Unidad de Investigación en Granos y Semillas. Facultad de Estudios Superiores-Cuautitlán. Universidad Nacional Autónoma de México. Correo electrónico: ernestomorenom53@gmail.com.



Causas de las Pérdidas Poscosecha

Dentro de las causas de las pérdidas poscosecha podemos mencionar algunas:

1. La heterogeneidad en las formas de almacenar, principalmente dada por los niveles tecnológicos de infraestructura utilizada, siendo los estados de mayor infraestructura los estados productores de granos.
2. La capacidad insuficiente de almacenamiento, generalmente se presenta en los estados de menor tecnología, ya que al exceder la producción y resguardar su producto para su autoconsumo, los productores optan por vender estos excedentes al no contar con la infraestructura necesaria para su conservación, cuando estos productores no logran vender o intercambiar sus excedentes, estos se ven expuestos a las condiciones de humedad relativa y temperatura que favorecen su deterioro, repercutiendo en pérdidas.
3. Carencia de equipo técnico. Aún considerando que en las zonas productoras se tenga la capacidad suficiente para su almacenamiento, muchas de ellas carecen de equipo adicional como por ejemplo equipos de secado de granos que permitan reducir la humedad del producto a niveles seguros de conservación, donde no se permita el desarrollo de hongos principalmente, ya que la humedad es el factor limitante para el desarrollo de ellos.
4. Acondicionamiento deficiente de los granos, principalmente dada por los procesos de pre-limpieza y limpieza de los granos, donde se tiene como finalidad eliminar la materia inerte, residuos de cosecha y cualquier otro contaminante, lo que permitiría un mejor manejo de su almacenamiento y conservación, prolongando su calidad cualitativa principalmente.
5. Insuficiente personal capacitado. Desde la desaparición de las empresas paraestatales Almacenes Nacionales de Depósito (ANDSA), se contaba con una entidad de capacitación denominada CENICCANDSA, responsable de la capacitación del personal dedicado al almacenamiento y conservación de los granos de CONASUPO, actualmente no existe una entidad ex-

clusiva para ello, dejando a las universidades la responsabilidad de contar con esta capacitación, sin embargo, hay pocas universidades y personal dedicado para tal fin, o en su caso las empresas privadas dedicadas al acopio de los granos realizan con sus recursos y personal la capacitación de sus operadores, sin embargo es muy escasa esta participación.

6. Deficiencias en la conservación. Esta causa es una derivación de todas las anteriores, ya que es la sumatoria de un personal carente de capacitación y de una infraestructura inadecuada para llevar a cabo una conservación de granos, que, sumada a las condiciones ambientales, dadas por humedades relativas y temperaturas muy altas, generan un deterioro del grano, el cual es considerado irreversible e inexorable.

Preceptos para un almacenamiento

El Dr. Deluche (1972) de la Universidad de Mississippi, experto en la conservación de semillas, describió 10 preceptos de almacenamiento que si bien lo definió para semillas lo podemos aplicar para la conservación de los granos. He aquí 8 de los 10 preceptos que se aplican a los granos:

1. La calidad del grano no se mejora con el almacenamiento, esto significa que lo que almacenamos bien, solamente estamos prolongando la manifestación del deterioro de los granos, al proveerle condiciones adecuadas en su entorno. Si las condiciones que rodean al grano no son adecuadas, la presencia del deterioro será rápido.
2. La humedad relativa y la temperatura son los dos factores ambientales de mayor importancia en la conservación, si estos son altos el deterioro se manifestará rápidamente, sin embargo, si estos son bajos, se prolonga la calidad del grano.
3. El contenido de humedad del grano está en función directa de la humedad relativa y temperatura ambiental, esto es debido a la capacidad higroscópica del grano, al tener la capacidad de ceder o ganar humedad de acuerdo a las condiciones ambientales que se presenten.



4. El contenido de humedad es más importante que la temperatura del grano, ya que la humedad es muy significativa en el metabolismo propio del grano, porque en niveles de 15% en los cereales se activan los metabolismos de los carbohidratos, lípidos y proteínas reduciendo su capacidad nutrimental.
5. Por cada uno por ciento que reduzcamos el contenido de humedad del grano duplicamos el tiempo de almacenamiento, esto es válido hasta el rango de 14% de humedad.
6. Por cada 10 °F (5.556 °C) que reduzcamos la temperatura de almacenamiento, duplicamos el tiempo de almacenamiento, esto es válido hasta el rango de 45 °C. Los últimos dos preceptos de almacenamiento actúan de manera independiente, si estos se manejan de manera conjunta, cuadruplicamos los tiempos de almacenamiento y conservación de los granos.
7. Las mejores condiciones para realizar un almacenamiento y conservación de granos es un lugar fresco y seco. A nivel nacional pocas entidades cumplen estos requisitos, como son los estados de Chihuahua y Zacatecas principalmente, para ello se aplica una regla fundamental, donde la suma aritmética entre la humedad relativa de la localidad más la temperatura en °F no debe ser mayor de 100 unidades, sin embargo, estas reglas están muy enfocadas a la conservación de semillas, así como a la simplicidad de la fórmula, estas unidades se pueden ampliar hasta las 120 e incluso a las 130 unidades, al respecto estas entidades y algunas otras, principalmente las del centro norte del país pueden cumplirlas satisfactoriamente en la mayoría de los meses del año.
8. La longevidad de los granos es característico de las especies, esto significa que almacenar granos de cereales no sería igual para almacenar granos de leguminosas u oleaginosas, ya que la capacidad respiratoria y metabólica de las oleaginosas (al tener mayor porcentaje de lípidos) es más rápida que las de cereales (mayor contenido de carbohidratos), por lo tanto, el deterioro es mayor en oleaginosas, aunque los niveles de humedad sean más bajos a las que registran los cereales. Por lo anterior, se consideran granos de longevidad larga a los cereales y de longevidad corta a las oleaginosas, mientras que las leguminosas son de longevidad intermedia.

La humedad de los granos

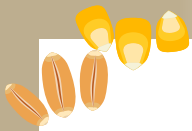
Los preceptos de almacenamiento del 2 al 6 están muy relacionados con la temperatura y humedad relativa del ambiente y con los contenidos de humedad de los granos almacenados, por lo cual, la cantidad y tipo de agua presente en el grano la podemos dividir en: agua de adsorción, agua de absorción y agua de composición. Las dos primeras son las que se consideran como agua

libre y es la que se debe eliminar al momento de que el grano sea destinado a su almacenamiento, si los niveles de agua en el grano se incrementan por arriba de lo recomendado (contenidos de humedad en equilibrio con la humedad relativa) con humedad relativa superior al 65%, el metabolismo del grano se incrementa liberando calor y agua causado por el proceso respiratorio del grano, lo que afecta de manera significativa en el granel almacenado, propiciando la presencia y actividad de hongos e insectos, creando una actividad respiratoria de granos, insectos y hongos que puede incrementarse, generando así mayor contenido de humedad y temperatura del grano, propiciando así el deterioro del mismo, el cual se manifiesta en un incremento de la temperatura, así como la presencia de una apariencia desfavorable del grano, con olores desagradables por la posible presencia de moho, insectos, bacterias entre otros, granos dañados por factores bióticos y abióticos presentes en el granel que demeritan la cantidad y calidad del grano, afectando de manera significativa el valor del producto almacenado, por lo anterior, la importancia de conocer y controlar los niveles de la humedad dentro del granel almacenado.

Los granos y los insectos de almacén

Generalmente los insectos de granos almacenados pertenecen a las familias de los coleópteros y lepidópteros, están fuertemente influenciados por la temperatura y en menor circunstancia por la humedad del grano. Dentro de los factores que contribuyen en el desarrollo de los insectos se encuentra la temperatura, que influye de manera directa en el metabolismo y fisiología del insecto, ya que promueve la ovoposición cuando las temperaturas óptimas de desarrollo están entre 25 a 27 °C, promoviendo así la fecundidad y longevidad del adulto y en su ciclo de





vida. Con temperaturas superiores a los 45 °C, los insectos tienden a morir, mientras que a temperaturas inferiores a 15 °C la fecundidad se reduce, mientras que en temperaturas inferiores a 10 °C tienden a morir los adultos, los huevecillos se conservan bien. La humedad de los granos para los insectos no es un factor limitante como lo es la temperatura, pero si es un factor condicionante, ya que un insecto puede obtener agua para sus procesos vitales a partir de las estructuras de reserva de los granos, como lo es el embrión. Por lo general, las humedades relativas propicias para el desarrollo de los insectos oscilan entre 70 a 85% para la mayoría de los insectos, con excepción de *Rhizopertha dominica* quien puede desarrollarse con humedades relativas de 55% y que a la vez es difícil de combatir en los graneles, o de *Oryzaephilus surinamensis* que puede desarrollarse con humedades relativas de 90%. También podemos mencionar que la cantidad de insectos depende de la cantidad de alimento disponible y por último también influyen las características de las especies de los insectos.

Los granos y los hongos de almacén

Los hongos son organismos que carecen de clorofila, provistos de talo, generalmente filamentosos y ramificados, mediante el cual absorben los principios orgánicos nutritivos del medio, son de tamaño muy variado y reproducción preferentemente asexual (por esporas); viven como parásitos o sobre materias orgánicas en descomposición o parásitos de vegetales o animales. Los hongos se clasifican en hongos de campo, hongos de almacén y hongos de deterioro avanzado. Los hongos de almacén son aquellos que pueden desarrollarse con contenidos de humedad en los granos en equilibrio con humedades relativas entre 65 a 90%, generalmente son de los géneros *Aspergillus* y *Penicillium*. La presencia de *Aspergillus glaucus* en los granos es indicativo del inicio del deterioro de los granos, a medida que este deterioro se incrementa, el contenido de humedad se eleva o si se tienen humedades relativas altas pueden aparecer otras especies de hongos de estos géneros, llegando incluso a presentarse las especies de *Aspergillus flavus* y *Penicillium*, más otras especies que se desarrollaron anteriormente a estos, los daños que pueden producir los hongos de almacén es de que generan daños irreversibles al grano, como es la reducción del poder germinativo, ennegrecimiento total o parcial del grano, calentamiento y mal olor de los granos, cambios bioquímicos degenerativos, pérdida de peso del grano e inclusive la producción de micotoxinas, las cuales producen afectaciones a la salud si se consume cuando es destinado para consumo animal o humano.

Bibliografía consultada

- Christensen, C. M. and C.B. Sauer. 1982. Microflora. En: Storage of cereal grains and their products. 3° ed., ed. Christensen C.M. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN. Pp.219-240.
- Harrington, J. F. 1972. Seed Biology. Vol. III. Academic Press. New York. USA. P 145-246.



Plagas de granos almacenados

Fuente: www.fugral.com.mx



Almacenamiento de sorgo

Fuente: Mario Ernesto Vázquez Badillo



Almacenamiento rural

Fuente: Mario Ernesto Vázquez Badillo

- Justice, O. L. and L. N. Bass. 1978. Principles and practices of seed storage. Agriculture Handbook No.506. USA. 289 p.
- Moreno, M. E. 1988. Manual para la identificación de hongos en granos y sus derivados. UNAM. México.
- Moreno, M. E. 1996. Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. UNAM. México. Pp. 261-302.
- Moreno, M. E., F. Torres e I. Chong (Eds.) 1995. El sistema poscosecha de granos en el nivel rural: Problemáticas y propuestas. UNAM-FAO-CONASUPO. México.
- SIAP. Servicio de información agroalimentaria y pesquera. 2014. Anuario estadístico de la producción agrícola. SAGARPA. <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/>

POSCOSECHA DE GRANOS BÁSICOS EN EL MEDIO RURAL *



Programa de Intensificación Sustentable, Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT)

Introducción

En México, existe una diversidad de sistemas de producción de granos básicos, principalmente con muchos productores de escala pequeña quienes siembran menos de 20 hectáreas (Eakin et al. 2015). Algunos de estos productores, que casi siempre se encuentran en el medio rural, producen maíz, frijol y otros granos básicos para consumo familiar y para alimentar a sus animales (Appendini & Quijada 2016; Hellin et al. 2009). Sin embargo, muchos de estos productores no alcanzan la productividad necesaria para sostener sus necesidades durante todo el año, ni producen excedentes para vender y recuperar algunos gastos de producción. Igualmente, el acceso a insumos y crédito para mejorar su sistema de producción, son limitados, y por lo tanto es difícil aumentar los rendimientos (Eakin et al. 2015; Hellin et al. 2009; Barrett 2008). Los agricultores que obtienen excedentes en el medio rural del país, son productores que tienen acceso a más hectáreas e insumos y participan en mercados locales si existen, pero de los pequeños productores que no acceden a ese tipo de mercados y que no venden su producción, se tiene poca información de los hábitos de almacenamiento (para vender o usar en casa) (Eakin et al. 2014).

En México, se ha estimado que las pérdidas de granos básicos después de la poscosecha llegan a 25% en algunos lugares, y estas pérdidas pueden costar energía y recursos de los productores, y prevenir que tengan granos suficientes para alimentar sus familias y animales durante el año o tener excedentes para vender (García-Lara & Bergvinson 2007; Arahon Hernández & Carballo Carballo 2014). Por ello, para los productores de pequeña escala, es muy importante tener un sistema de poscosecha (todas las actividades que se llevan a cabo durante y después de la cosecha) que pueda proteger los granos que se producen, y eliminar las pérdidas durante cada paso antes del uso final del grano. Las pérdidas dependen de lo que hace el productor para cosechar, secar, desgranar, etcétera, y pueden ser daños hechos por insectos, roedores u otros animales, hongos o daños físicos, como la rotura de granos (Tigar et al. 1994; García-Lara & Bergvinson 2007). Todos estos daños pueden influenciar la cantidad y calidad del grano, y a veces, si los daños son altos, los productores no pue-

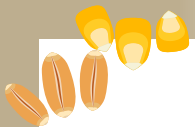
den utilizar su grano como quieren (Rosas et al. 2007; García-Lara et al. 2013). Para disminuir estos daños, es necesario cosechar a un tiempo adecuado (en muchos casos, dependiendo de la humedad del grano), secar el grano para llegar a una humedad apropiada, limpiar y seleccionar granos, y almacenar o conservar los granos para su uso final; en cada paso, las pérdidas dependen de las decisiones y acciones que hacen los productores (Arahon Hernández & Carballo Carballo 2014). Por ejemplo, para cosechar en algunos sistemas tradicionales, los productores dejan sin protección el maíz en el campo para secar, promoviendo la pudrición de las mazorcas cuando ocurren lluvias atípicas (Hernández 2008).

Conocemos en general que hacen los productores de pequeña escala en su sistema de producción, y el promedio de daños en el sistema de poscosecha en todo México, pero hay poca información de las pérdidas debido a la perspectiva de los productores (García-Lara & Bergvinson 2007). Tampoco, no hay mucha información del porqué y para qué los productores hacen muchas de sus decisiones. Por ello, hicimos entrevistas a productores de escala pequeña y granos básicos en 16 estados de la República Mexicana para entender cuáles son los pasos que hacen para cosechar y después de la cosecha, y cuáles son las pérdidas más importantes desde sus perspectivas. Con esta información, podemos entender los puntos más importantes de donde intervenir en el sistema de poscosecha para evitar y eliminar daños en los granos básicos. Reportamos resultados preliminares de las entrevistas como un caso de estudio para entender algunas de las actividades que hacen los productores en varios lugares.

Métodos y diagnósticos

El Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) trabaja a través de colaboradores para hacer investigaciones de varios temas relevantes al sistema de producción y poscosecha, donde se insertan parte de nuestras investigaciones. Desde el año 2013, CIMMYT empezó a trabajar en actividades de poscosecha, al incluir investigaciones sobre el comportamiento de algunas tecnologías herméticas para el almacenamiento, capacitaciones de productores y otros actores claves, y la

* Ariel Rivers, Jessica González Regalado, Martha Reyes Zavala, Rodolfo Vilchis Ramos y Gerardo Ramírez Martínez



divulgación de información importante para mejorar el sistema de poscosecha. Como parte de este trabajo, entre los años 2013 y 2016 hicimos entrevistas a productores de pequeña escala quienes están vinculados con nuestras investigaciones o quienes asistieron a nuestros eventos en los estados de Chiapas, Chihuahua, la Ciudad de México, Estado de México, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Quintana Roo, Tlaxcala, Veracruz y Yucatán. La entrevista incluyó más de 100 preguntas que sirvieron para recopilar información de los productores (p.ej., edad, hectáreas sembradas), de su sistema de producción (para incluir cultivos que siembra, fechas de siembra y cosecha, etcétera), sus actividades de poscosecha, y las causas más importantes de pérdidas relacionadas con la perspectiva de los productores. Muchas de las preguntas se hicieron abiertas, para que los productores pudieran prever cualquier respuesta que reflejara la información de su sistema (por ejemplo: “¿Cuáles son los pasos que toma al momento de cosechar, o como determina el tiempo de cosecha del grano en campo?”). No todos los productores proporcionaron respuestas a todas las preguntas, y en estos casos, solamente reportamos el número de productores que respondieron a la pregunta. Muchos de los productores producen más de un cultivo, pero todos los datos que reportamos del rendimiento, pasos a cosechar, tiempo de almacenamiento, etcétera, refieren solamente al maíz. También, todos los datos numéricos (por ejemplo, porcentajes de pérdidas, rendimientos, etcétera), son datos cualitativos, significa que los productores proporcionaron una estimación desde su perspectiva. Si se proporcionaron un rango en porcentajes, reportamos el promedio.

Resultados

Sistema de producción

Hicimos 1021 entrevistas en 16 estados, pero sólo reportamos los resultados de los estados donde hicimos más de 10 entrevistas en total. Por ello, no reportamos los estados de Chihuahua (1), Hidalgo (5), y Tlaxcala (1). Esto resultó en 1012 entrevistas en total, que corresponden a 13 estados y 148 municipios (Tabla 1). Los productores tuvieron edades entre 18 y 98 años, con un promedio de 50.7 en el nivel nacional (desviación estándar: ± 13.7). El promedio de integrantes de la familia de los cuales el productor es responsable es de 4.7 (± 2.0), y 85% de los productores (de 998 que respondieron) reportaron que la agricultura es su actividad primaria; el resto indicó actividades como ama de casa (4%), ganadería (4%), jornalero (2%), comerciante (2%), profesor, u otros (menos de 1%). A nivel nacional, el promedio de hectáreas sembradas es de 2.5 (± 2.5), con el promedio más bajo en Nayarit (1.4 ± 0.5) y más alto (pero con más variabilidad) en Puebla (4.6 ± 6.1).

De los productores que reportaron su sistema de producción (número = 685), 69% cultivan el maíz en mono-

cultivo (69%), y el resto menciona que producen maíz y otros cultivos (frijol, garbanzo, trigo, y otros), pero no indicó si los cultivos están asociados con el maíz o si solamente crecen en su parcela (31%). En el nivel nacional (n = 715), 80% productores siembran maíces nativos, 17% híbridos y 3% una combinación de los dos. Con respecto a la disponibilidad de agua, los productores (n = 697) reportaron que el 92% cultiva bajo el sistema de temporal, el 5% reportó el uso de riego y lluvia (sistema temporal) y solamente el 3% son sistemas que dependen del riego. Casi todos (98% de 700 productores) producen durante el ciclo primavera-verano (implica que se siembran entre los meses de marzo a septiembre), y el resto (2%) en el ciclo otoño-invierno (siembra entre octubre y febrero) en los estados de Chiapas (n = 4), Puebla (n = 1), Quintana Roo (n = 1) y Veracruz (n = 6). En el nivel nacional (n = 675), 65% de productores indican que siembran maíz de su propio sistema de producción (del ciclo anterior), 26% compran semilla de empresas agropecuarias, 6% reciben apoyo del gobierno local o nacional, y 2% reciben semilla de su familia. Les preguntamos a los productores sobre el promedio de sus rendimientos (Tabla 1) y en el nivel nacional (n = 497), mencionó que producen en promedio 2.2 ton ha⁻¹ (± 1.7), registrado el promedio de rendimientos más alto en Michoacán (3.8 ± 2.1), y más bajo en Yucatán (0.7 ± 0.3).

Sistema de poscosecha

Los productores consideran muchos factores para decidir cuándo deben cosechar sus granos: algunos solamente usan un factor (por ejemplo, humedad), o una combinación de factores (humedad y tiempo). En el nivel nacional, 600 productores reportaron sobre sus decisiones para decidir el momento de la cosecha. El 49% mencionó que la humedad del grano o la planta es el factor en que basa su decisión para realizar la cosecha, y muchos de estos productores dijeron que cosechan cuando el grano “está bien seco” o “cuando empieza a secar la hoja,” pero no tienen una manera muy definida para medir esta humedad. Otros factores que usan los productores para decidir el momento de cosechar es cuando la mazorca cuelga en el campo (15% de productores); las costumbres, por ejemplo, cuando la luna está llena, según necesidad, “conocimientos en el trabajo,” u otros, o solamente indicaron “por costumbre” (13%); cuando el grano se separa fácilmente de la mazorca (10%); el tiempo, por ejemplo 5 meses después de la siembra (10%); el sonido del grano, por ejemplo, cuando la vacían en un costal (6%); la dureza del grano (5%); y el color del grano o la planta (1%). De los productores que reportaron como cosechan (n = 703), casi todos (97%) lo hacen manualmente, pero no indicaron como. El resto cosechan con algún tipo de maquinaria (2%), o con una combinación de maquinaria y mano de obra (1%).

Como parte de la cosecha, muchos productores hacen alguna actividad de presecado en el campo, con un pro-

medio de tiempo de 42.9 días (± 26.9) a nivel nacional. Esto significa, por ejemplo, que dejan las plantas en el campo con mazorcas dobladas, cortan los tallos del maíz y los apilan en el suelo, o hacen conos con los tallos ("maíz amogotado"). En adición, algunos productores hacen otro paso de secado en su patio o casa, durante el cual dejan las mazorcas o el grano a granel en una lona para secar por el sol (por ejemplo). De los productores a nivel nacional que respondieron a la pregunta sobre los pasos de secado que llevan a cabo ($n = 689$), el 55% solamente hacen presecado en el campo, 7% emplean presecado en el campo y después un paso de secado en su casa, 36% solamente secan el grano afuera del campo (en sus casas), y 2% indicaron que no hacen ningún tipo de secado. Los que hacen el segundo paso de secado lo hacen por un promedio de 31.5 (± 33.6) días a nivel nacional. Pocos productores respondieron a la pregunta al respecto de los problemas durante el presecado y secado ($n = 99$), y de estos, 58% dijeron que no tienen problemas de ningún tipo, 27% dijeron que las lluvias atípicas son un problema (porque muchos usan el sol para secar su grano), y el resto (15%) indicaron otros problemas relacionados con el clima, enfermedades (pudrición) e insectos como gorgojo (*Sitophilus zeamais M.*) y palomilla (*Sitotroga cerealella O.*).

De los productores que indicaron la forma para desgranar su grano ($n = 846$), 65% lo hacen manualmente, 31% usan un tipo de maquinaria, 3% usan una combinación de maquinaria y métodos manuales, y 1% dicen que no desgranar su grano. Preguntamos a los productores si hay algún problema que afecte su grano durante el desgrane (solo 82 contestaron); las respuestas incluyeron ningún problema (67%), gorgojo (15%), pudrición (10%), y granos quebrados (9%).

Al respecto sobre el destino final del grano, preguntamos a los productores que porcentaje del grano usan en casa (para consumo familiar, alimentar a sus animales, o sembrar el próximo año) y del porcentaje que venden. De los

productores que respondieron ($n = 693$), 25% dijeron que usan toda su cosecha en la casa, 2% dijeron que venden toda su cosecha, y el resto de los productores (73%) venden una parte y usan una parte en la casa. El único estado donde todos los productores reportaron que consumen toda su cosecha en casa, Nayarit, es el mismo donde los productores tienen las parcelas más pequeñas, y un promedio de rendimientos más bajos sólo después de Yucatán (Tabla 1).

La mayoría de los productores ($n = 962$) respondieron a la pregunta sobre si almacenan grano durante un periodo del año, y 99% dijeron que almacenan. Solamente 894 productores indicaron una cantidad y tiempo de almacenamiento, y de estos, los productores almacenan su grano por un promedio de tiempo entre 3.4 (± 2.0) y 9.0 (± 6.8) meses en el nivel nacional, con mucha variabilidad entre cada estado (Tabla 2). Igualmente, los productores en cada estado almacenan cantidades diferentes de maíz, con un promedio en el nivel nacional de 1809.9 kg (± 3149.1). Los recipientes más comunes para guardar grano son el costal común (44% de productores lo usan), estructuras tradicionales, por ejemplo, trojes (23%), tambos de plástico y metálico (23%), y silos metálicos (18%). Algunos productores indicaron que usan un tratamiento en su grano: 44% reportó que usa un agroquímico para proteger sus granos, y 9% reportó el uso de un tratamiento alternativo, por ejemplo cal, ceniza, o un tipo de planta (Tabla 2). Los productores mencionaron el uso de más de 25 productos agroquímicos para proteger sus granos (por incluir fungicidas e insecticidas).

De los productores que almacenan grano a nivel nacional ($n = 894$), durante el tiempo de almacenamiento 71% dicen que tienen un problema con gorgojo, 28% con roedores, 26% con palomillas, y 9% indicaron que tienen el problema de aves, barrenador (*Prostephanus truncatus H.*), u hongos (los productores proveen nombres comunes de los insectos y hongos) (Tabla 2). Mientras que la mayoría de productores indicaron que el gorgojo es un

Tabla 1 NÚMERO DE PRODUCTORES QUE RESPONDIERON, EL PROMEDIO, Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DEL NÚMERO DE HECTÁREAS SEMBRADA, RENDIMIENTOS EN TON HA⁻¹, Y EL PORCENTAJE DEL GRANO DESTINADO A USO FAMILIAR, PARA ALIMENTAR ANIMALES O SEMILLA EN EL CICLO PRÓXIMO Y EL PORCENTAJE QUE LOS PRODUCTORES VENDEN.

	Hectáreas			Rendimientos			% Uso Personal			% Vende		
	No.	Prom.	\pm es	No.	Prom.	\pm es	No.	Prom.	\pm es	No.	Promedio	\pm es
Chiapas	50	2.4	3.0	34	2.4	2.2	50	76.4	35.7	50	23.6	35.7
Ciudad de México	15	2.2	1.5	15	1.9	0.3	15	20.7	16.1	15	79.3	16.1
Guerrero	10	1.8	0.4	7	2.3	1.0	10	56.0	15.1	9	45.6	15.1
Jalisco	25	3.1	2.5	-	-	-	17	77.9	36.4	17	15.9	30.0
Estado de México	38	2.3	1.8	17	2.0	1.2	32	77.3	26.8	30	19.5	28.1
Michoacán	104	3.1	2.1	81	3.8	2.1	78	64.8	31.2	79	33.7	30.3
Morelos	32	3.4	3.5	-	-	-	4	27.5	15.0	5	58.0	34.9
Nayarit	12	1.4	0.5	8	0.9	0.5	12	100.0	-	12	-	-
Oaxaca	340	1.5	1.8	17	1.5	1.2	19	78.9	35.1	25	8.0	19.4
Puebla	35	4.6	6.1	14	2.3	1.5	30	50.7	30.9	30	41.5	27.1
Quintana Roo	45	3.2	1.8	42	2.1	1.5	45	81.1	30.2	45	18.7	29.9
Veracruz	291	2.0	1.9	247	1.8	1.4	282	55.7	26.4	283	37.6	29.2
Yucatán	15	2.1	1.0	12	0.7	0.3	15	86.7	18.4	15	13.3	18.4
Nivel Nacional	1,012	2.5	2.5	497	2.2	1.7	609	63.3	31.2	615	32.1	31.3

problema, también mencionaron que los hongos causan un porcentaje más alto de pérdidas. Es importante notar que no todos los productores atribuyen una cantidad de pérdidas a gorgojo (solamente el 42% de los productores indicaron que este insecto es un problema relacionado con un porcentaje de pérdidas).

Conclusiones y oportunidades a futuro

Presentamos un resumen breve de algunas entrevistas que CIMMYT ha realizado entre los años 2013 – 2016. Estos resultados preliminares no incluyen toda la información que se recabó de estas encuestas, pero con lo que presentamos aquí, podemos llegar a ciertas conclusiones. Mostramos estimaciones de los daños en algunos pasos durante las actividades que se hacen para cosechar y después, desde la perspectiva de los productores. Queremos cuantificar los daños durante cada paso, pero la variabilidad entre productor y estado es muy grande, y no podemos decir si esta variabilidad es inherente en el sistema o es porque estamos usando datos cualitativos. Podemos aprovechar la red de investigadores en el país para investigar las causas de pérdidas en cada paso y en cada región. También, conocemos que los productores cosechan debido a factores específicos (por ejemplo, humedad de la planta o grano), pero hay la oportunidad para conectar estos factores a pérdidas. Por ejemplo, si los productores cosechan después de un tiempo fijo en vez de otros factores, tal vez este puede resultar en un grano que es más susceptible a daños en los pasos de secado, desgranado, etcétera.

A nivel nacional, los productores dejan su grano en el campo para presecado, o en el patio para secar, por mucho tiempo, y durante este tiempo, el grano es susceptible a factores ambientales que pueden causar pérdidas en el grano. Algunos productores dicen que las lluvias atípicas son un gran problema durante el tiempo de presecado y secado; hay la oportunidad para intervenir con los productores con tecnologías novedosas para prevenir daños,

por ejemplo, lonas que se pueden cerrar en el evento de lluvias. Pero, pocos productores respondieron a la pregunta de qué problemas son importante durante esta actividad, y necesitamos entender mejor este paso y como afecta al uso final del grano.

Solamente presentamos un breve resumen de los métodos que los productores usan para almacenar su grano, pero por el número alto de productores que todavía utilizan maneras tradicionales que exponen el grano al medio ambiente (trojes, costales, etcétera), es necesario entender cómo podemos contribuir con los productores para mejorar sus métodos de almacenamiento. También, muchos productores reportaron el uso de agroquímicos durante el almacenamiento de granos. Muchos de los agroquímicos no son efectivos contra plagas de granos almacenados por calidades inherentes de los insectos o los químicos, y algunos insectos ya han desarrollado resistencia a estos productos (Arthur 1996; Haliscak & Beeman 1983). También, no conocemos si los productores usan los productos en la manera correcta, es decir, con equipo para proteger su salud durante la aplicación, o en cantidades correctas, etcétera. Por eso, es muy importante continuar investigaciones sobre alternativas para usar, conservar y almacenar los granos, de tal forma que se puedan incluir tecnologías herméticas, y continuar con la capacitación de productores en cómo se puede mejorar sus sistemas de poscosecha (García Leños et al. 2007). Por fin, con este breve resumen, podemos ver que donde los rendimientos son más bajos, los productores utilizan más su grano para autoconsumo. Esto implica que hay oportunidades para entender mejor el sistema de producción y de poscosecha en estas áreas, que nos mostrarán como podemos ayudar a los productores en aumentar sus rendimientos, y también, preservar el grano que ya tiene. A pesar de todo, instituciones como CIMMYT u otros tienen muchas oportunidades para aprender de los productores sobre sus sistemas de poscosecha, y como podemos ayudarles para disminuir las pérdidas de granos durante el sistema de poscosecha.

Tabla 2 PROBLEMAS DURANTE EL ALMACENAMIENTO QUE LOS PRODUCTORES HAN IDENTIFICADO COMO IMPORTANTE CAUSAS DE PÉRDIDAS A NIVEL NACIONAL (N = 894).

	Núm. que se indicó es un problema	% que se almacenan ^a	% de productores que respondieron ^b	Estimación mínima	Estimación máxima	% Estimación de pérdidas ^c	±es
Aves	8	1	75	1	5	3.50	1.76
Barrenador	8	1	50	3	9	6.75	2.63
Gorgojo	632	71	42	1	75	7.37	8.95
Gusano	3	0	33	-	-	5.00	0
Hongos	43	5	91	1	35	23.82	15.17
Palomilla	235	26	39	1	30	5.88	5.21
Picudo	21	2	29	1	15	10.67	6.74
Roedores	247	28	80	1	75	5.26	8.45

^a Indica el porcentaje de todos los productores que almacenan y reportaron este problema

^b Indica el porcentaje de los productores que mencionaron que este problema afectan su grano, y proporcionaron una estimación de las pérdidas que atribuyen a este problema.

^c El promedio de todas las estimaciones de daños que se han atribuido a este problema.

HONGOS EN GRANOS Y SEMILLAS *

Introducción

La capacidad que tienen los hongos para utilizar diversos tipos de sustratos y la producción de una gran diversidad de enzimas, se ha utilizado ventajosamente en diversos campos de la micología industrial y biotecnológica. Sin embargo, existe un grupo de hongos, los cuales pueden perjudicar al hombre de manera directa o indirecta, ya que degradan productos que son útiles para la economía humana. Entre los hongos que afectan indirectamente al hombre se encuentran aquellos que causan enfermedades en los cultivos, así como el deterioro de productos manufacturados y de alimentación. Los hongos que lo afectan directamente son aquellos que producen compuestos tóxicos para el hombre y los animales, ocasionando micotoxicosis, micetismos y micosis, que a veces son mortales.

Los principales factores importantes para el desarrollo de los hongos en granos almacenados en bodegas son la humedad relativa y la temperatura de almacenamiento, y el tiempo en que el grano va a estar almacenado antes de que sean utilizados en la alimentación o en diversas industrias. Si estos productos no están en condiciones adecuadas de almacenamiento, en poco tiempo los hongos prosperan causando deterioro de los granos. El deterioro de éstos, no es problema que sólo se presenta cuando están almacenados, sino también en algunas ocasiones desde el campo, cosecha y transporte de los productos.

El principal factor intrínseco que gobierna la capacidad para llevar a cabo tal deterioro es la actividad de agua del sustrato. La actividad del agua (a_w)¹ nos indica cual es la cantidad de agua disponible para el desarrollo de los microorganismos una vez que se ha alcanzado el equilibrio en el sistema alimento/medio ambiente, y se define como la presión de vapor acuoso del sustrato dividido por la presión de vapor de agua pura a la misma temperatura. La mayor parte de las bacterias requieren niveles de a_w de 0.95 para llevar a cabo un buen crecimiento y niveles

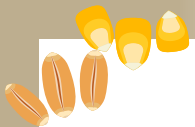


mayores de 0.98 para un crecimiento óptimo. La mayor parte de los hongos pueden crecer a niveles de a_w tan bajos como 0.65. Cuando se almacena grano en presencia de una alta humedad relativa, la toma de humedad sobre la superficie del grano aumentará el nivel localizado del valor de a_w en el cual el crecimiento del hongo será más rápido que bajo las condiciones óptimas de almacenamiento. El gradiente térmico a través del grano puede entonces hacer que la humedad emigre de un área a otra, similarmente la condensación afectará adversamente los niveles de a_w . Otro factor importante para el desarrollo de los hongos es la temperatura, la mayoría de los hongos son mesófilos y crecen a temperaturas moderadas en un intervalo de 10 a 40 °C, siendo la óptima entre 25 y 35 °C. Pocos hongos son termófilos y crecen en el intervalo de 20 a 50 °C, con una temperatura óptima de 40 °C y un límite máximo de 60 a 62 °C como *Mucor pusillus* y *Chaetomium thermophile*; algunos son termo tolerantes como *Aspergillus fumigatus*, puede crecer en un rango de 12 a 55 °C (temperatura óptima de 40 a 42 °C). Unos cuantos hongos son psicrófilos, crecen a bajas temperaturas (por debajo de 0°C) como *Fusarium nivale*. El pH es otro factor importante en el desarrollo de los hongos, generalmente son considerados más tolerantes que las bacterias a las condiciones ácidas, en el laboratorio, muchos hongos crecen en un intervalo de pH de 4.5 a 8.0 y muestran un amplio intervalo de pH óptimo de 5.5 a 7.5. Algunas especies de *Aspergillus*, *Penicillium* y

¹ a_w = Se refiere a la actividad de agua, es decir la cantidad de agua libre que hay en el sustrato (semillas, grano alimento) para que el hongo pueda crecer y producir las micotoxinas.

* Dr. Ernesto Moreno Martínez. Investigador de tiempo completo. Unidad de Investigación en Granos y Semillas. Facultad de Estudios Superiores-Cuautitlán. Universidad Nacional Autónoma de México. Correo electrónico: ernestomorenom53@gmail.com.

Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo. Profesor investigador del Centro de Capacitación y Desarrollo de Tecnología de Semillas. Departamento de Fitomejoramiento. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coah. Correo electrónico: marioe.vazquez@hotmail.com.



Fusarium son tolerantes al ácido, y pueden crecer en niveles de pH menores a 2.0. La mayoría de los hongos son aerobios estrictos, algunos levaduriformes y filamentosos son aerobios facultativos, y otros toleran concentraciones bajas de oxígeno y son denominados microerofilicos.

Los hongos en los granos almacenados son acarreados en dos formas: como una infección o como una infestación. La primera implica que el patógeno invada los tejidos de la planta, y se establezca en ellos; y la segunda, que el patógeno vaya como contaminante, en forma de esporas o de esclerosis, directamente sobre los granos, pero sin invadir las testas o pericarpios, o bien en residuos del cultivo y en partículas de suelo.

Hongos que invaden granos y semillas

Todos los productos agrícolas son invadidos por diversos microorganismos durante el desarrollo del cultivo en el campo, cosecha, transporte y almacenamiento, siendo los hongos los más abundantes y la principal causa de enfermedades, ocasionando pérdidas económicas al reducir el potencial de producción de los cultivos que atacan. En cuanto a las pérdidas poscosecha de granos, las estimaciones en el ámbito mundial son del orden del 10% de la producción. Para México de un volumen de 32 millones de toneladas de maíz que el país consume actualmente, las pérdidas poscosecha estimadas en un 10 % representan miles de millones de pesos, en un solo cultivo

Los hongos que crecen sobre productos agrícolas en especial los que invaden granos durante su desarrollo, cosecha o almacenamiento, han sido clasificados desde el punto de vista ecológico por Christensen y Kauffman (1969) en hongos de campo, hongos de almacén y hongos de deterioro avanzado. En el caso de los hongos de almacén, podemos decir que son microorganismos que invaden los granos después de la cosecha, principalmente incluyen especies de *Aspergillus* y *Penicillium*, que pueden crecer en humedades relativas de 65-90 %, condiciones de humedad muy frecuentes en el almacenamiento de granos. Se ha encontrado que algunas especies pueden invadir el grano desde el campo, especialmente cuando las condiciones ambientales favorecen su desarrollo. Mientras que los hongos de deterioro avanzado, como *Chaetomium*, *Rhizopus*, *Mucor*, algunas especies de *Aspergillus*, entre otros, pueden invadir los granos y otros productos si estos han sido almacenados bajo condiciones inadecuadas de humedades relativas mayores de 65 % y temperatura adecuadas para su desarrollo.

Daños causados por hongos de almacén

Los géneros *Aspergillus* y *Penicillium*, a diferencia de los hongos de campo, son considerados hongos de almacén, y su principal característica es de que tienen la habilidad para invadir los granos con contenidos de humedad relativamente bajas, en cereales con contenidos de humedad mínimas del 13.0% y en oleaginosas de 8 a 9%. Estos hongos pueden crecer en un amplio rango de temperaturas. Especies de *Penicillium* crecen de 5 a 40 °C, y las de *Aspergillus* de 0 a 55 °C. Con pocas excepciones, los hongos de almacén infectan los granos antes de la cosecha, una de estas excepciones, y desafortunadamente de gran importancia, es la invasión de maíz por el hongo *Aspergillus flavus*, productor de potentes toxinas carcinogénicas, las aflatoxinas.

Los principales daños ocasionados por los hongos de almacén cuyo hábitat natural generalmente se encuentra en los almacenes, silos y trojes son: reducción del poder germinativo, ennegrecimiento total o parcial de los granos, calentamiento y hedor, diversos cambios bioquímicos, pérdida de peso y producción de micotoxinas, las que al ser ingeridas pueden ser dañinas, ocasionando diversos trastornos, a veces severos en los animales y humanos que consumen dichos granos o alimentos contaminados. Entre éstas podemos mencionar a las aflatoxinas, ocratoxinas, esterigmatocistinas, gliotoxina, patulinas, entre otras. Varias especies de *Aspergillus*, también son importantes en micología médica, como *A. fumigatus*, *A. flavus*, *A. niger*, *A. terreus* y otras especies pueden comportarse como patógenas del hombre y de los animales, ocasionando una

serie de enfermedades denominadas colectivamente aspergilosis, siendo la pulmonar la más seria de estas enfermedades.

En el género *Aspergillus*, los grupos más frecuentes que se encuentran causando daño a los granos en el almacén, son especies de *A. restrictus*, *A. glaucus*, *A. candidus*, *A. ochraceus* y *A. flavus*. Las otras especies de hongos de almacén son del género *Penicillium*, son menos frecuentes por requerir mayores contenidos de agua y menores temperaturas, sin embargo, también causan el mismo tipo de daño que *Aspergillus* y producen otras toxinas. Tanto las especies de *Aspergillus* y *Penicillium* son de amplia distribución y uno de los papeles en la naturaleza es la descomposición de la materia orgánica en el suelo, esto por su alta capacidad saprofitica. Esta particular característica, es la razón por la cual estos hongos invaden los granos después de la cosecha y empiezan a declinar su valor fisiológico y nutricional.

El género *Aspergillus* según Raper y Fennell (1965) se ha dividido en 18 grupos, con 132 especies, basándose principalmente en características morfológicas específicas y fisiológicas; así como por su estado amorfo del género *Aspergillus*, y los estados teleomorfos (*Eurotium*, *Emiricella* y *Fennellia*).

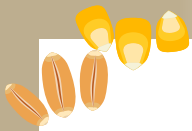
Por las características morfológicas, fisiológicas y bioquímicas los hongos de almacén se han clasificado en subgéneros y secciones. A continuación se describen algunas características importantes de los grupos de *Aspergillus* y *Penicillium* que comúnmente se encuentran en los granos.

1. Grupo *Aspergillus restrictus*. Las especies de este grupo requieren alta presión osmótica para crecer, y humedad relativa entre 70 y 75 %; su crecimiento es muy lento y requiere contenidos de humedad de 14.0-14.5% en cereales y de 8.5-9.0% en cacahuate y copra, causa decoloración, apelmazamiento y afecta la germinación. No son productores de micotoxinas.
2. Grupo *Aspergillus glaucus*. Las especies de este grupo son osmóticas, requieren una humedad relativa de 75% y crecen en cereales con contenidos de humedad de 14.5-15.0%, en cacahuate y copra de 9.0 a 9.5%, reduce el poder germinativo, decolora el embrión y causa apelmazamiento. No hay evidencias claras de su poder tóxico, sin embargo, se dice que *A. chevalieri* produce una toxina denominada xantocilina.

3. Grupo *Aspergillus candidus* Link; este hongo requiere humedades relativas del 80% y crece en cereales con contenidos de humedad de 15.5-16.0%, en cacahuate y copra de 9.0-9.5%. La presencia de este hongo es indicativa de que el lote de grano está sufriendo deterioro severo. Reduce la germinación, decolora el embrión rápidamente y es uno de los hongos involucrados en el calentamiento de los granos. No se le considera hongo tóxico.
4. Grupo *Aspergillus ochraceus*. Las especies de este grupo requieren humedades relativas de 80% y crecen en cereales con contenidos de humedad de 15.5-16.0%, en cacahuate y copra de 9.0-9.5%. Estos hongos reducen el poder germinativo y decoloran el embrión, no son muy comunes en granos, ya que son buenos competidores contra especies de *A. glaucus* y *A. candidus*, sin embargo cuando se presentan pueden llegar a causar enmohecimiento severo, especialmente en maíz. Estos hongos producen una toxina llamada ochratoxina.
5. Grupo *Aspergillus flavus*. A las especies de este grupo se les considera principalmente como hongos de almacén, sin embargo, en Estados Unidos y México se les ha encontrado invadiendo al maíz en el campo, especialmente cuando las condiciones ambientales favorecen su desarrollo. Las especies de este grupo requieren humedades relativas de 80-85%, en cereales con contenidos de humedad de 16.5-18.0%, en cacahuate y copra de 10-10.5%. Reduce la germinación y decolora el embrión, su desarrollo en el grano contribuye al calentamiento. Algunas especies producen aflatoxinas.
6. Las especies del género *Penicillium* requieren para su desarrollo humedades relativas altas de 85-90%; en cereales, el contenido de humedad para su desarrollo es de 16.5-20.0% y en cacahuate y copra de 10-15%. Estos hongos pueden crecer a temperaturas muy bajas; inclusive bajo cero (-2° C). Causan reducción en la germinación de las semillas, decoloración del embrión y apelmazamiento. Algunas especies son capaces de producir diversas toxinas como la patulina, ácido penicílico, citrinina y ocratoxina.

La presencia de una determinada especie de hongo de almacén en una muestra de grano nos señala las condiciones de humedad a las que estuvo almacenada el grano. El análisis de la microbiota de una muestra de grano también nos puede indicar si el lote proviene de la mezcla de lotes de diferente calidad. Si se aíslan hongos causantes de





deterioro avanzado, esto nos indica que esos granos han estado almacenados con altos contenidos de humedad y que otros hongos han antecedido en la sucesión microbiana.

Métodos para el combate de hongos de almacén en granos

Para evitar el deterioro de granos y semillas durante el almacenamiento es importante mantener un nivel del contenido de humedad inferior al mínimo requerido para el desarrollo de los hongos de almacén, en cereales de 13.5% y de 8 a 9% para oleaginosas. La temperatura es otro factor importante para evitar el deterioro de granos, debe mantenerse tan baja como sea posible debido a que la mayoría de los hongos de almacén crecen con mayor rapidez a temperaturas entre 30 y 55 °C.

Su desarrollo se retrasa de 12 a 15 °C y casi se reduce su crecimiento de 5 a 8 °C. Sin embargo, por diversas razones, en algunas regiones es difícil mantener los granos con bajos contenidos de humedad, entre ellas el ambiente húmedo y la carencia de equipo de secado. El uso de ambiente controlado, con baja temperatura y humedad es ideal para el mantenimiento de la calidad de los granos, pero es costoso y la conveniencia de su empleo debe ser estudiada, desde el punto de vista técnico y económico. Evitar la infestación de los granos almacenados con insectos y ácaros es también importante para evitar el desarrollo de los hongos. Otro factor que se debe considerar es el de mantener el grano bien ventilado durante su almacenamiento, debido a que el flujo de aire elimina el calor y el exceso de humedad, disminuyendo el rango de temperatura y con ello el desarrollo de insectos, ácaros y hongos.

La mayor parte de los compuestos utilizados para evitar el desarrollo de hongos en el almacén tienden a ser fungistáticos más que fungicidas. Varios ácidos orgánicos como el sórbico, benzoico, propiónico, acético y fórmico han sido utilizados como preservantes de productos almacenados, normalmente en forma de sales sódicas, potásicas y cálcicas. El ácido propiónico solo, o en combinación con ácido ascórbico o acético ha sido utilizado como preservante de los granos. El uso de atmósferas controladas es un método que permite reducir el desarrollo de los hongos de almacén debido a que la mayoría son aerobios, y modificando las proporciones de O₂ y CO₂ han demostrado que la velocidad de esporulación, germinación y crecimiento de los hongos son afectados. Sin embargo existen algunos que pueden crecer en atmósferas con concentraciones de O₂ menores de 1%. La irradiación con rayos α también ha sido utilizado para el control de hongos de almacén sin embargo no han sido muy prácticos.

Bibliografía

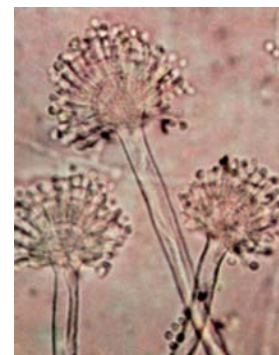
- Alexopoulos C. J., C. W. Mims y M. Blackwell. 1966. Introductory Mycology. 4ª. Ed. Wiley & sons, Inc. Nueva York.
- Barnett, H. L. y B. B. Hunter. 1998. Illustrated General of Imperfect Fungi. 14ª. Ed. APS press, Minnesota.
- Booth, C. 1977. The Genus *Fusarium*. Commonwealth Mycological Institute. Kew, Surrey, England.
- Christensen, C. M. y H. H. Kaufmann. 1969. Grain storage. The role of fungi in quality loss. University of Minnesota Press. Minneapolis. 153 p.
- Moreno, M. E. 1988. Manual para la identificación de hongos en granos y sus derivados. UNAM. México.

Fotografías

Fuente: Ernesto Moreno Martínez. Manual para la identificación de hongos en granos y sus derivados. UNAM, Coordinación de la Investigación Científica, Programa Universitario de Alimentos, 1988.



Aspergillus candidus



Aspergillus flavus



Aspergillus flavus



Aspergillus ochraceus



Penicillium viridicatum

MICOTOXINAS EN CEREALES*



A nivel mundial los cereales contribuyen, según datos de la FAO, aproximadamente con el 50% del consumo de energía per cápita, las leguminosas, nueces y oleaginosas con el 5%, mientras que otras partes vegetales, como raíces, tubérculos, entre otros, lo hacen con el 28%. El mayor consumo de cereales se produce en las regiones asiáticas, en donde más de 65% del abastecimiento total de energía para el hombre proviene únicamente de los cereales; en general, la energía proporcionada por los productos vegetales llega a alcanzar casi un 94%. En contraste, en países de economías desarrolladas como EUA y los de Europa Occidental, sólo obtienen 25% de dicha energía de cereales (66.6% de productos vegetales) y 33.4% de productos animales. La producción de cereales en América Latina y el Caribe para el 2015 se estimó en los 239 millones de toneladas, alcanzando una producción cercana a las 195 millones de toneladas, en Mesoamérica y el Caribe, por otro lado, la producción aumentó de 43.1 millones de toneladas a 44.2 millones de toneladas. México produce gran variedad de cereales, ocupando actualmente el tercer lugar en producción de alimentos en Latinoamérica y el décimo segundo a nivel mundial. Los principales cereales que produce son el trigo, maíz, avena, arroz, amaranto, soya y centeno. Hasta 2014, México destinaba aproximadamente 10 millones de hectáreas para el cultivo de cereales. Durante su formación en el campo los cereales son invadidos por diversos microorganismos, siendo los hongos los más abundantes y la principal causa de enfermedades, ocasionando pérdidas económicas al reducir el potencial de producción de cultivos que atacan. Además, pueden ser transmitidos de un ciclo a otro a través de las semillas. Así mismo, durante su transporte y almacenaje los granos y semillas de cereales pueden ser invadidos por hongos cuyo hábitat natural generalmente son las bodegas, silos y trojes.

Una característica importante de los hongos es su capacidad de producir una gran variedad de metabolitos con diferentes propiedades benéficas o perjudiciales para el hombre. Durante su crecimiento producen y secretan diversos metabolitos secundarios, entre ellos las llamadas micotoxinas, las cuales se forman a partir de intermediarios del metabolismo primario del hongo, al final de la fase exponencial de crecimiento o al principio de la fase estacionaria, considerados no esenciales en su desarrollo. Estos metabolitos secundarios están asociados a menudo con la diferenciación y la esporulación. La producción de micotoxinas en granos como los cereales depende de las condiciones ambientales de pre y postcosecha (contenido de humedad y temperatura), la disponibilidad de micro-

nutrimentos, daño por insectos, prácticas de cultivo y otra serie de fenómenos multifactoriales.

En la actualidad más de 400 micotoxinas junto con sus derivados han sido identificadas, las cuales están clasificadas en aproximadamente 25 tipos de acuerdo a su estructura química, con frecuencia son hidrocarburos aromáticos (a veces alifáticos) caracterizados por un bajo peso molecular, lo que determina su resistencia a factores ambientales.

Las micotoxinas son producidas principalmente por los géneros *Aspergillus*, *Penicillium*, *Alternaria*, *Fusarium* y *Claviceps*. Este tipo de metabolitos son usualmente subdivididos en micotoxinas de campo, producidas en cultivos de cereales antes o inmediatamente después de ser cosechados, principalmente por especies de *Fusarium* y las micotoxinas de almacén principalmente producidas por especies de los géneros *Aspergillus* y *Penicillium* durante el secado o almacenamiento. Las micotoxinas se pueden encontrar en todo el mundo como contaminantes naturales en numerosos productos básicos de origen vegetal, especialmente en cereales, pero también en nueces y otras semillas oleaginosas, frutos secos, cocoa, café, vino, cerveza, hierbas y especias y en productos derivados de los animales por consumo de alimento contaminado con micotoxinas, como carne, huevo, leche y derivados de la leche.

Las micotoxinas más relevantes en los alimentos son: 1) las aflatoxinas, producidas por las especies de *Aspergillus*; 2) la ocratoxina A, producida por especies de *Aspergillus* y *Penicillium*; 3) los tricotecenos (tipo A: HT-2 y T2, y el tipo B: deoxinivalenol, zearalenona, fumonisinas B1 y B2, y las micotoxinas emergentes (fusaproliferina, moniliformina, beauvericina y eniatinas producidas principalmente por especies de *Fusarium*; 4) los alcaloides del ergot producidos por *Claviceps*; y 5) el altenueno, alternariol, metil éter de alternariol, altertoxina y ácido tenuazóico son producidos por las especies de *Alternaria*.

Las micotoxinas producidas por los hongos pueden ser perjudiciales para la salud humana y animal, después de la ingestión de alimento contaminado, inhalación o contacto con la piel y la enfermedad que causan es co-

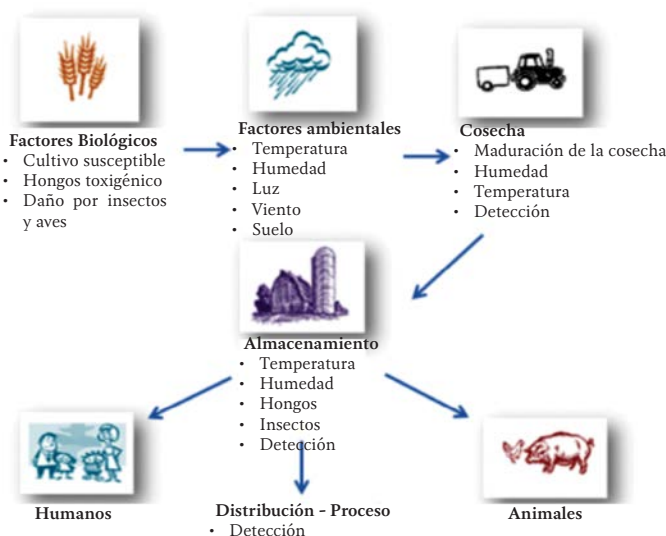
* M en M. Josefina Moreno Lara, Dra. Ma. Cristina J. Pérez Reyes, Dr. Ernesto Moreno Martínez; Académicos de Tiempo Completo, Unidad de Investigación en Granos y Semillas, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México.

nocida como micotoxicosis. Las características de una micotoxicosis son: enfermedades no transmisibles; los tratamientos con fármacos y antibióticos tienen poco o ningún efecto; los brotes son frecuentemente temporales; los brotes son usualmente asociados con un producto alimenticio específico; y el análisis de la comida o producto alimenticio revela los signos de la actividad fúngica. Las micotoxinas son comunes en la cadena alimenticia por que los hongos infectan los cultivos y son consumidos por los humanos o se utilizan como alimento para ganado. Las micotoxinas que se ingieren en los alimentos pueden acumularse en diferentes órganos o tejidos.

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) estimó que aproximadamente el 25% de los cereales producidos en el mundo están contaminados con micotoxinas, provocando pérdidas económicas anuales de alrededor de 1 billón de toneladas métricas de alimentos o productos alimenticios. La producción de micotoxina en los cultivos agrícolas puede ocurrir en varios puntos de la cadena alimenticia: durante la pre cosecha, cosecha, el secado y el almacenamiento. Las malas prácticas agrícolas de la cosecha, el inapropiado secado, el manejo del envasado, las condiciones de almacenamiento y transporte, promueven el crecimiento de los hongos, aumentando el riesgo de la producción de micotoxinas.

Una vez que el producto ha sido procesado debe almacenarse en condiciones que impidan la contaminación por hongos y la bioproducción de micotoxinas, especialmente si la actividad del agua (a_w)* del producto es lo suficientemente baja para evitar el crecimiento de los hongos y la producción de las micotoxinas (Figura 1).

Figura 1. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA PRESENCIA DE MICOTOXINAS EN ALIMENTOS PARA CONSUMO HUMANO Y FORRAJES EN LA CADENA ALIMENTARIA (ADAPTADA DE PESTKA AND CASALE, 1990).



* a_w = Se refiere a la actividad de agua, es decir la cantidad de agua libre que hay en el sustrato (semillas, grano alimento) para que el hongo pueda crecer y producir las micotoxinas.

Este es el elemento clave para que los productos estén libres de micotoxinas.

Aflatoxinas

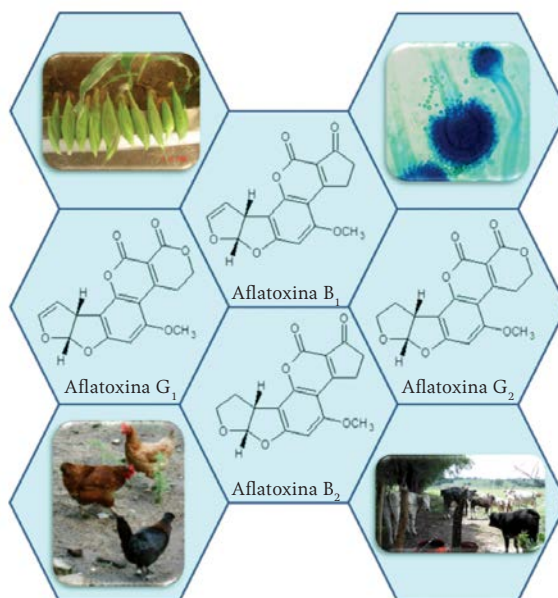
Las aflatoxinas B1 (AFB1), B2 (AFB2), G1 (AFG1) y G2 (AFG2) son producidas por los hongos *Aspergillus flavus* y *Aspergillus parasiticus* cuando crecen en diferentes alimentos principalmente como maíz, cacahuate, semilla de algodón, semilla de girasol, coco, aceite de oliva, sorgo, arroz, trigo, cebada, avena, pistaches, nuez del Brasil, almendra, nuez moscada, higos y en pez seco (Figura 2).

La incidencia natural de aflatoxinas es alta en el maíz y cacahuate, mientras que para grano pequeño (sorgo, avena, trigo arroz, cebada y centeno) parecen ser menos susceptibles a la contaminación por aflatoxinas.

La estructura básica de las aflatoxinas (AF) es un anillo dihidrodifurano o tetrahidrodifurano unido a una cumarina con un anillo de cinco o seis átomos de carbono, pueden estar acopladas a un grupo de ciclopentanona ó a un anillo lactónico, son termoestables, resisten altas temperaturas de 237 °C a 320 °C, se descomponen de 237 °C a 306 °C, según el tiempo de calentamiento, la humedad del alimento y el pH.

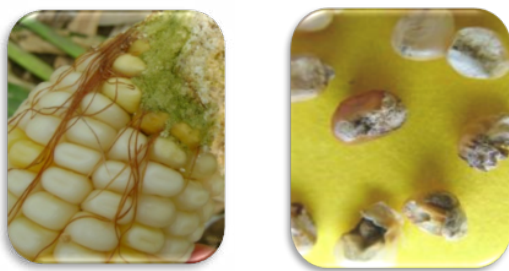
La contaminación del maíz ocurre durante el cultivo y almacenamiento (Figura 3). Anteriormente se creía que el crecimiento de *Aspergillus flavus* sólo ocurría en el maíz durante el almacenamiento, pero se ha demostrado que *A. flavus* también puede infectar al maíz en el campo y producir aflatoxina antes de la cosecha. En México se tienen datos registrados sobre algunos ciclos agrícolas del cultivo

FIGURA 2. ESTRUCTURA QUÍMICA DE LOS DIFERENTES TIPOS DE AFLATOXINAS.



de maíz, en los cuales se detectó contaminación con aflatoxinas, como en el estado de Tamaulipas en 1989, en donde se observó que el maíz estaba contaminado desde el campo, ya que muestreos previos a su almacenamiento reflejaron concentraciones de 45 a 65 mg de AFB₁/kg. El mismo maíz, después de estar almacenado dos meses en condiciones de alta temperatura y humedad, alcanzó niveles de concentración de más de 250 mg de aflatoxina B₁/kg. En México la contaminación del maíz con aflatoxinas representa un riesgo potencial para la población, debido a que es un alimento básico y se ingiere como tortilla, con un consumo de 325 g/día por persona.

FIGURA 3. MAZORCA DE MAÍZ Y GRANO CONTAMINADO CON *ASPERGILLUS FLAVUS* (CON AFLATOXINAS).



Se ha reportado que en el proceso de nixtamalización la AFB₁ se inactiva de 85 a 95%. Sin embargo para una alta contaminación de aflatoxina (520 µg/kg), el porcentaje de inactivación se redujo a 93%, por lo tanto, el 7% de AFB₁ permanece en la tortilla, lo que representa un peligro para la salud, porque se estaría ingiriendo 0.95 µg de AFB₁ por cada tortilla. De acuerdo a estos resultados, el proceso de nixtamalización tradicional no parece ser seguro para detoxificar totalmente, ya que un alto porcentaje del contenido de aflatoxinas puede ser revertido a la forma original de fluorescencia por medio de un pH ácido. La acidificación de los extractos de aflatoxinas, como ocurre durante la digestión, daría lugar a una reconstitución de la molécula de aflatoxina (los anillos de lactona de la aflatoxina se abren durante el tratamiento alcalino, en la nixtamalización, pero se cierran cuando la tortilla se acidifica en el estómago).

Desde hace más de 40 años se descubrió que las aflatoxinas son sustancias muy potentes productoras de cáncer en animales de laboratorio. Se ha demostrado que las aflatoxinas son potentes carcinógenos en todas las especies de animales investigadas como en ratones, ratas, hámster, peces, patos, monos y en varios órganos, siendo el hígado el más afectado. Las aflatoxinas son compuestos genotóxicos. La Agencia Internacional para la Investigación en Cáncer (IARC) considera que hay pruebas suficientes para determinar que las aflatoxinas (AFB₁, AFB₂, AFG₁ y AFG₂) son cancerígenas en humanos y las clasificó en el grupo I. En los animales al consumir alimento contaminado con aflatoxinas, se ha detectado baja ganancia de peso, desarrollo lento, problemas en la reproducción, diarrea, desórdenes respiratorios, hemorragias, reducción en

la producción de leche y huevos; así como la alteración del sistema inmunológico, con el consecuente incremento en el desarrollo de infecciones por bacterias, virus, y otros agentes causantes de enfermedades, lo cual incluso ocasiona la muerte de los animales.

En México las únicas micotoxinas que están legisladas son las aflatoxinas por las normas NOM-188-SSA1-2002, Productos y Servicios. Control de aflatoxinas en cereales para consumo humano y animal. Especificaciones sanitarias y la NOM-247-SSA1-2008, Productos y servicios. Cereales y sus productos. El límite máximo permitido de aflatoxinas totales es de 20 µg/kg. El límite máximo de aflatoxinas totales para harina de maíz nixtamalizado es de 12 µg/kg.

El reglamento de la Comisión Europea estableció los límites máximos de aflatoxinas B₁ de 2 µg/kg y 4 µg/kg de aflatoxinas totales (AFB₁, AFB₂, AFG₁ y AFG₂). En maíz y arroz que se va a someter a un proceso de selección o tratamiento físico antes del consumo humano el límite máximo es de 5 µg/kg de AFB₁ y 10 µg/kg de aflatoxinas totales.

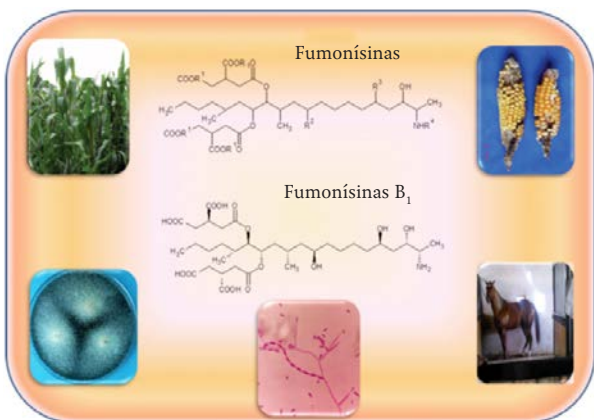
Fumonisin

Las Fumonisin son producidas por algunas especies del género *Fusarium*, principalmente por *Fusarium verticillioides*, *Fusarium proliferatum*, *Fusarium anthophilum*, *Fusarium nygamai* así como, *Alternaria alternata* f. sp. *lycopersici*. Hasta ahora, veintiocho fumonisin han sido aisladas y pueden ser divididas en cuatro series conocidas como A, B, C y P. La fumonisin B₁ (FB₁), la fumonisin B₂ (FB₂) y la fumonisin B₃ (FB₃) son las principales fumonisin encontradas como contaminantes naturales en los cereales. *F. verticillioides* puede producir varias micotoxinas, pero la que más produce es la FB₁ y la más tóxica (Figura 4). Las micotoxinas de *Fusarium* en los alimentos se producen principalmente en el campo, aunque la síntesis de la toxina puede ocurrir durante el almacenamiento. Las condiciones de humedad y temperatura son factores cruciales que afectan el desarrollo del hongo y la producción de las fumonisin. La infección de los cereales con especies de *Fusarium* puede provocar graves enfermedades en humanos y animales. Las fumonisin han sido encontradas en maíz, también se han encontrado en arroz, sorgo, avena, cebada, trigo y subproductos.

Las fumonisin son conocidas por causar la leucoencefalomalacia en equinos y conejos, edema pulmonar e hidrotórax en cerdos, efectos aterogénicos en monos, hemorragia cerebral en conejos, algunos defectos de nacimiento (tubo neural), cáncer renal y hepatocarcinogénico en ratas. Las fumonisin producen toxicidad de leve a grave en el hígado, el riñón y el corazón en caballos cerdos, ganado vacuno, ovejas, pollos, patos, conejos, ratas y ratones. La evidencia epidemiológica indica una relación entre el cáncer de esófago en humanos y la ingestión de

maíz contaminado con *Fusarium verticillioides* y la producción de fumonisinas. La FB1 en los cereales se asoció con la incidencia de una alta tasa de cáncer de esófago en humanos en África, en el norte de Italia, en Irán y en el sureste de Estados Unidos.

FIGURA 4. ESTRUCTURA QUÍMICA DE LAS FUMONISINAS.



La IARC evaluó el riesgo por consumir alimentos contaminados con fumonisinas en los seres humanos y los agrupó como grupo 2B (probablemente cancerígenas).

La Comisión Europea estableció los límites máximos de fumonisinas en maíz no procesado de 4 ppm para maíz y alimentos destinados para consumo humano de 1 ppm, en cereales para desayuno a base de maíz y aperitivos de maíz de 0.8 ppm y en alimentos a base de maíz para bebés y niños pequeños de 0.2 ppm.

Ocratoxinas

Las ocratoxinas son producidas por las especies *Aspergillus ochraceus*, *A. carbonarius*, *A. niger*, *A. meleus*, *A. cretensis*, *A. flocculosus*, *A. sclerotiorum*, *Eurotium*, *P. verrucosum* y *P. viridicatum*. La OTA es un contaminante natural en muchos alimentos como los cereales (maíz, cebada, centeno, arroz y trigo) y subproductos (Figura 5).

FIGURA 5. ESTRUCTURA QUÍMICA DE LA OCRATOXINA A.



La Ocratoxina A es nefrotóxica, inmunosupresora, genotóxica, carcinógena, teratogénica y neurotóxica. Según la IARC, la OTA se encuentra dentro del grupo 2B como posible carcinógeno para humanos. El órgano diana para

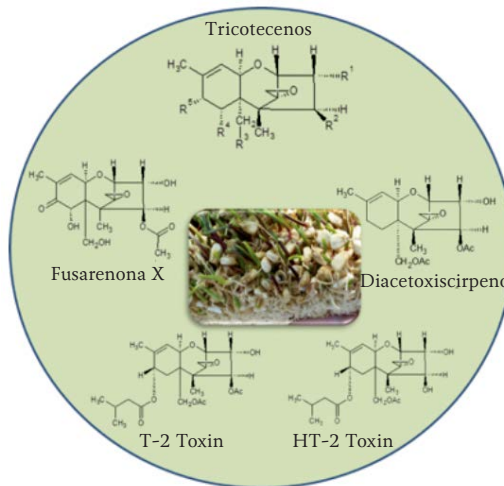
las ocratoxinas es el riñón, causa nefropatía porcina, se le ha asociado con trastornos en humanos como nefropatía endémica de los Balcanes en la ex Yugoslavia, nefropatía intersticial crónica y tumores renales en África. La exposición a alimentos contaminados con OTA se ha relacionado con evidencias epidemiológicas de cáncer testicular debido a la formación de aductos con el ADN inducidos por la acción de este genotóxico.

El reglamento de la Comisión Europea ha establecido los límites máximos de OTA de 5 µg/kg (trigo, cebada y centeno) para cereales no procesados, 3 µg/kg para todos los productos elaborados con cereales para consumo humano y 0.5 µg/kg para alimentos elaborados a base de cereales para bebés y niños pequeños.

Tricotecenos

Los tricotecenos (TCT) comprenden un vasto grupo de más de 150 metabolitos secundarios fúngicos con la misma estructura básica. Varios géneros de hongos son capaces de producir TCT; sin embargo, la mayoría de ellos han sido aislados de especies de *Fusarium*. Estas especies son importantes patógenos de plantas que principalmente contaminan a los cereales como maíz, trigo, centeno, avena, arroz, cebada y otros cultivos. Los tricotecenos se producen en todo el mundo en los granos y otras materias primas. Son contaminantes comunes de los alimentos y forrajes de aves de corral (Figura 6).

FIGURA 6. ESTRUCTURA QUÍMICA DE ALGUNOS TRICOTECENOS.



A nivel celular los TCT inhiben la síntesis de proteínas. La acción tóxica de los TCT causa una extensiva necrosis de la mucosa de la vía oral, tienen efecto agudo sobre el tracto digestivo, inducen apoptosis y un efecto inmunosupresor.

Los tricotecenos son estables al calor y no se degradan durante la cocción de los alimentos o tratamientos en autoclave. También son estables a pH neutro y ácido, en consecuencia, no se hidrolizan en el estómago después de la ingestión. El grado de la infección depende de va-

rios factores, por ejemplo las condiciones del clima, alta humedad y temperatura de 6-24 °C y las condiciones de almacenamiento de los cultivos de los cereales.

Deoxinivalenol

El Deoxinivalenol (DON) es una micotoxina que comúnmente contamina los alimentos a base de cereales, es generalmente encontrado en varios cultivos como trigo, cebada, avena, centeno y maíz, producida principalmente por dos patógenos importantes en los cereales: *F. graminearum* y *F. culmorum*, los cuales causan pudrición de la mazorca en maíz y fusariosis de la espiga en el trigo. Los principales efectos tóxicos del DON son inmunosupresión, dolor abdominal, aumento en la salivación, diarrea, vómito y anorexia en los animales. En humanos causa vómito, mareos, náuseas y dolor de cabeza.

La Comisión Europea ha establecido los límites máximos del DON de 1.25 ppm para cereales no procesados, 1.75 ppm para trigo duro, avenas no procesadas y maíz no procesado, 0.75 ppm en cereales para consumo humano y pastas, 0.5 ppm para pan, pasteles, galletas, cereales para desayuno y 0.2 ppm en alimentos a base de cereales para bebés y niños pequeños.

Fusarenona X

La fusarenona X (FUS-X) es producida por las especies *Fusarium equiseti*, *F. graminearum*, *F. nivale*, *F. oxysporum*, *F. semitectum*, *F. sporotrichioides* y *F. sulphureum*, se puede encontrar en avena, maíz, trigo y ajo. La Fusarenona X es inmunosupresora, carcinógena, citotóxica, emética, origina diarrea e hipotermia. Una vez absorbida, se transforma en nivalenol, pudiéndose excretar por la orina (Figura 6).

Zearalenona

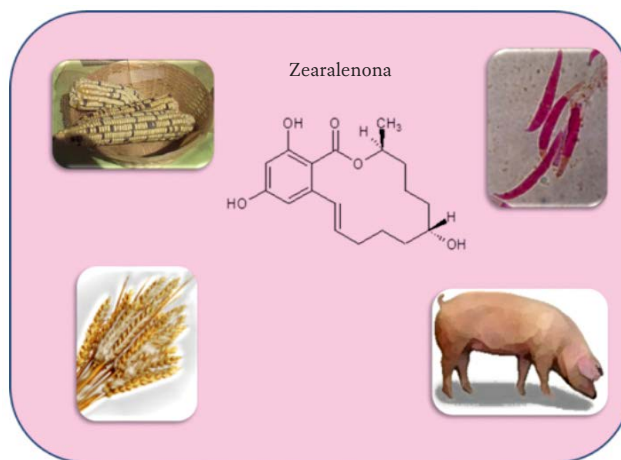
La zearalenona es producida por *Fusarium graminearum*, *Fusarium culmorum*, *F. cerealis*, *Fusarium equiseti*, *F. semitectum* y *Fusarium crookwellense*. Todas estas especies son contaminantes de los cultivos de cereales en todo el mundo. Estos hongos pueden crecer en granos almacenados durante largo tiempo, principalmente en el maíz y también se ha encontrado en granos de avena, sorgo, cebada y trigo (Figura 7).

Es un derivado estrogénico con efectos en varias especies animales como en cerdos en los que se observa infertilidad, edema vulvar, prolapso vaginal e hipertrofia mamaria en hembras; en machos se presenta atrofia testicular y agrandamiento de la glándula mamaria, también se ha demostrado que es hepatotóxica e inmunotóxica.

La Comisión Europea ha establecido los límites máximos de Zearalenona de 100 µg/kg para cereales no procesados, para maíz no procesado 35 µg/kg, para cereales destina-

dos al consumo humano 75 µg/kg, para aceite de maíz 400 µg/kg, para pan, galletas, pasteles y cereales de desayuno 50 µg/kg, para alimentos destinados a base de cereales para bebés y niños pequeños 20 µg/kg.

FIGURA 7. ESTRUCTURA QUÍMICA DE ZEARALENONA.



Métodos de análisis de micotoxinas

Los granos de los cereales pueden estar contaminados por una gran variedad de hongos y por lo tanto tener diferentes micotoxinas, responsables de una amplia gama de efectos tóxicos agudos y crónicos en la salud de humanos y animales. Debido a su alta estabilidad las micotoxinas son una causa de preocupación no sólo durante la producción de los cereales, sino también durante el transporte, almacenamiento, procesamiento y posteriormente después del procesamiento de productos requiere de métodos analíticos precisos y sensibles.

La mayoría de los métodos de análisis de las micotoxinas tienen los pasos siguientes en común: muestreo, homogenización, extracción seguida por una limpieza o purificación para reducir o eliminar los compuestos no deseados, que pueden afectar la concentración de la micotoxina en la muestra y finalmente, las etapas de separación y detección. Los métodos más utilizados para el análisis cuantitativo de micotoxinas son la cromatografía líquida y la cromatografía de gases acoplada a un detector de espectrometría de masas. Otros métodos que frecuentemente se utilizan son la cromatografía de capa fina y los métodos de inmunoensayo basado en el ensayo por inmunoadsorción ligado a enzimas (ELISA) que permiten obtener resultados cualitativos o semi-cuantitativos. Los métodos inmunoquímicos generalmente son específicos para una sola micotoxina o un pequeño grupo de compuestos relacionados estructuralmente (Figura 8). Actualmente existe una tendencia hacia el desarrollo de métodos para el análisis simultáneo de varias micotoxinas pertenecientes a diferentes familias químicas, siendo la cromatografía líquida con la unión de la espectrometría de masas (LC-MS/MS) la técnica de elección para este propósito.

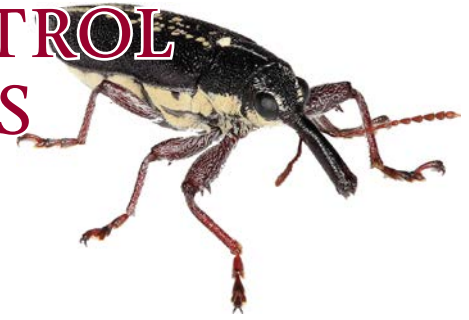
FIGURA 8. DIFERENTES TÉCNICAS CUANTITATIVAS PARA LA DETERMINACIÓN DE MICOTOXINAS.



Bibliografía

- Anguiano-Ruvalcaba G.L., Vargas-Cortina A.V., Guzmán-De Peña D. 2005. Inactivación de aflatoxina B1 y aflatoxicol por nixtamalización tradicional del maíz y su regeneración por acidificación de la masa.
- Armendáriz C.R., Fernández Á. J. G., Gironés M.C.L.R., de la Torre A.H. 2014. Encyclopedia of Toxicology. 3ª Ed. Elsevier. España. 424-427
- Batt C.A. y Tortorello M. L. 2014. Encyclopedia of Food Microbiology. 2ª Ed. Elsevier. Polonia. Vol. 1. 880-886
- Bennett J.W. y Klich M. 2003. Mycotoxins. Clinical Microbiology Reviews. 16 (3):497-516
- Bryden W.L. 2012. Mycotoxin contamination of the feed supply chain: Implications for animal productivity and feed security. 173:134-158.
- Dijksterhuis J. y Samson R.A. 2007. Food mycology a multifaceted approach to fungi and food. CRC Press. USA. 375 pp.
- European Commission Regulation. 2006. Setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. Official Journal of the European Union. 49: 5-24.
- FAO. 2016. Boletín de la seguridad alimentaria y nutricional. Oficina regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Disponible: www.fao.org/americas/recursos/san/es/. Consultada 26/05/2016.
- FAO. Manual de manejo poscosecha de granos a nivel rural. Disponible: http://www.fao.org. Consultada 13/05/2016.
- Ferrigo D. Raiola A. y Causin R. 2016. Fusarium toxins in cereals: occurrence, legislation, factors promoting the appearance and their management. Molecules. 21:627.
- Marin S. Ramos A.J., Cano-Sancho G., Sanchis. 2013. Mycotoxins: occurrence, toxicology, and exposure assessment. Food and Chemical Toxicology. 60:218-237.
- McCormick S.P., Stanley A. M., Stover N.A. y Alexander N.J. 2011. Trichothecenes: from simple to complex mycotoxins. Toxins 3:802-814
- Méndez-Albores J.A., Del Río-García J.C., Moreno-Martínez E. 2004. Aflatoxin-detoxification achieved with Mexican traditional nixtamalization process (MTNP) is reversible. Journal of the Science of Food and Agriculture. 84: 1611-1614.
- Moreno-Pedraza A., Valdés-Santiago L., Hernández-Valadez L.J., Rodríguez-Sixto Higuera A., Winkler R. y Guzmán-de Peña D.L. 2015. Reduction of aflatoxin B1 during tortilla production and identification of degradation production and identification of degradation by-products by direct-injection electrospray mass spectrometry. Salud Pública de México. 57:50-57
- Nimal S.J., Lu Z., Yan W., Yue-ju Z., Fu-guo X., Xiao-feng D., Yang L. 2015. Mycotoxin detection-recent trends at global level. Journal of Integrative Agriculture. 14(11): 2265-2281.
- Pereira V.L., Fernandes J.O. y Cunha S.C. 2014. Mycotoxins in cereals and related foodstuffs: A review on occurrence and recent methods of analysis. Trends in Food Science & Technology 36: 96-136.
- Perusia, R., & Rodríguez, A. 2001. Micotoxicosis. Revista de Investigación Veterinaria de Perú, 12(2):1116.
- Ravelo A.A., Rubio A.C., Gutiérrez F. A.J. y Hardisson D.A. 2011. La ocratoxina A en alimentos de consumo humano: revisión. Nutrición Hospitalaria. 26(6): 1215-1226.
- Sempere F. F. 2016. Worldwide occurrence of mycotoxins in rice. Food Control. 62:291-298.
- Smith, J.E., Moss, M., 1985. Mycotoxins. Formation, analysis and significance. John Willey and Sons (Eds), U.K. 50-63
- Smith M. C., Madec S., Coton E., and Hymery N. 2016. Natural co-occurrence of mycotoxins in foods and feeds and their in vitro combined toxicological effects. Toxins 8 (94), 1-36.
- Soriano del Castillo J.M. 2007. Micotoxinas en alimentos. Ediciones Días de Santos. España. 424p
- Zain M.E. 2011. Impact of mycotoxins on humans and animals. Journal of Saudi Chemical Society. 15: 129-144.

IDENTIFICACIÓN Y CONTROL DE INSECTOS EN GRANOS ALMACENADOS *



En el mundo hay millones de insectos, los identificamos porque ellos tienen seis patas y esa es la razón de que también se les llame hexápodos (hexa = seis, podo = pies).

Estos pequeños animalitos cubren casi todo los rincones de la tierra, se han especializado en el tipo de alimento que consumen y eso les ha permitido formar un grupo selecto que se alimenta de granos almacenados, como son el maíz, frijol, trigo, soya, cártamo, cebada, ajonjolí, etc.

Como los insectos buscan nuestro propio alimento, en el cual hemos invertido tiempo y esfuerzo para obtenerlo del campo, se han vuelto competidores por nuestros granos, pero es cuando llegan al almacén para guardarlos y conservarlos, cuando se hace muy evidente su presencia, más que nada por su número, ya que encontrar un insecto vivo por kilogramo, significa 1,000 insectos por cada tonelada guardada, en una bodega de 5,000 toneladas, indica que tenemos 5,000,000 de insectos vivos en nuestro almacén.

Por la preferencia por nuestro alimento, por su gran número y capacidad de reproducirse, *-cada hembra pone según su especie entre 50 y 400 huevos-* es que les llamamos plaga.

Aunque un solo insecto no haría daño ya que sólo comen un promedio de 24 miligramos durante su vida, es decir 0.024 gramos, la amenaza está en su número y en su acción destructiva de las partes del grano.

Los insectos afectan no sólo por lo que comen sino que además con las perforaciones en el grano, abren camino a los hongos de almacén, el grano infestado pierde peso, provocan que su respiración aumente, y que sus deyecciones y restos de ellos contaminen nuestro alimento e impregnen un mal olor.

Los insectos que atacan a los granos pueden iniciar su ataque desde el campo (en la planta), los que tienen capacidad de volar infestan en el campo y en el almacén, o bien, en graneros no desinfectados esperan la llegada del nuevo grano.

Se estima que hay aproximadamente 250 especies de insectos que dañan a los granos y sus productos durante el almacenamiento, pero los de mayor importancia son alrededor de 20. (Trivelli y Velázquez, 1984).

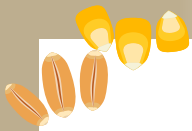
Arbitrariamente se clasifican con base al daño que producen sobre los granos:

Insectos primarios: Aquellos que cuentan con su aparato bucal capaz de romper la cubierta exterior del grano sano y libre de daño y que normalmente inician la infestación. Al terminar su ciclo dejan el grano picado.

Insectos secundarios: Aquellos que son incapaces de perforar los granos sanos, no llegan a dañar la mercancía tanto como el primario y solo dañan al producto cuando éstos han sido dañadas por un primario, son ávidos de los residuos de grano que dejan los primeros o que sean granos rotos o molidos.

Normalmente los insectos ante la presentación de un alimento determinado actúan como primario y en otras ocasiones como secundario. Ver Cuadro 1.

* Ing. José Orlando Ramayo Ramírez. Profesor-Investigador del Departamento de Ingeniería Agroindustrial, de la Universidad Autónoma de Chapingo



Dentro de los insectos de almacén, hay los insectos que atacan al maíz y tienen su importancia ya que en todo el territorio mexicano se siembra maíz en toda su diversidad, desde los híbridos hasta los criollos que se siembran por regiones específicas.

Las principales especies que atacan al maíz y cereales las encontramos en el Cuadro 1.

Cuadro 1. PRINCIPALES ESPECIES DE INSECTOS QUE ATACAN AL MAÍZ

	Nombre científico	Nombre común	Como primario	Como secundario	Vuela
Picudos	<i>Sitophilus granarius</i>	Picudo o Gorgojo de los graneros, Gorgojo del trigo	Cereales: Arroz, avena, cebada, centeno, maíz, mijo y trigo	Cereales quebrados	No
	<i>Sitophilus oryzae</i>	Picudo cuatro manchas, Gorgojo del arroz	Cereales: Arroz, maíz, Sorgo y Trigo	Cereales quebrados	Si
	<i>Sitophilus zeamais</i>	Picudo cuatro manchas, Picudo o Gorgojo del maíz	Cereales: maíz	Cereales quebrados	Si
Gorgojos	<i>Rhyzopertha dominica</i>	Barrenillo de los granos, Pequeño barrenador de los granos	Cereales: Arroz, centeno, maíz, mijo y trigo.	Cereales quebrados	Si
	<i>Prostephanus truncatus</i>	Barrenador mayor de los granos	Cereales: maíz	Cereales quebrados	Si
	<i>Tribolium confusum</i>	Gorgojo confuso de la harina	Productos secos, derivados de cacahuete, cocoa, leguminosas, especies, fruta seca y pastas de extracción de aceite.	Cereales quebrados y sus harinas	No
	<i>Tribolium castaneum</i>	Gorgojo castaño de la harina	Productos secos, derivados de cacahuete, cocoa, leguminosas, especies, fruta seca y pastas de extracción de aceite.	Cereales quebrados y sus harinas	Si
	<i>Oryzaephilus surinamensis</i>	Gorgojo dientes de sierra	Alimentos balanceados, fruta seca y malta	Cereales quebrados y sus harinas	No
	<i>Cryptolestes pusillus</i>	Gorgojo plano de los granos	Harinas de cereales	Cereales quebrados	Si
Palomillas	<i>Sitotroga cerealella</i>	Palomilla dorada	Cereales: maíz y trigo	Cereales quebrados	Si
	<i>Ephestia Kuhnella</i>	Palomilla gris, Palomilla de la harina	Harinas de cereales	Cereales quebrados	Si

Descripción de las características de los insectos del maíz

Esta lista de insectos también ataca al grupo de granos llamados cereales que incluyen además del maíz, al arroz, cebada, sorgo y trigo.

Los **insectos llamados picudos** conforman un grupo de tres especies y tienen en común que su boca está ubicado en una pequeña “trompa” o pico, de ahí su nombre.

El daño principal lo causan sus larvas, que consumen el endosperma, dejando en su mayoría el grano hueco. Preferentemente atacan cereales, no atacan el frijol. Los adultos atacan semillas enteras. Sus larvas solamente viven en semillas enteras, rotas o pedazos de ellas de tamaño suficiente para hospedarse.

Las hembras de estas tres especies hacen perforaciones en el grano con las mandíbulas, como toda una “mamá” protectora, busca un grano adecuado y deja un huevecillo en su interior, pone una película con una sustancia gelatinosa casi del mismo color para tapar el agujero, para que no se note, al camuflar el agujero éste pasa desapercibido en una revisión ligera, ya que es difícil ver estas perforaciones a simple vista.

Las formas inmaduras (*huevo, larva y pupa*) se desarrollan solamente dentro del grano. La duración del ciclo de desarrollo varía de 4 a 6 semanas. Se reproducen y desarrollan continuamente a través del año.

Del huevo sale una larva entre 5 a 8 días, si las condiciones de temperatura y humedad son apropiadas, así como el tener una buena calidad de grano, posteriormente la larva entra en una fase llamada pupa, que le permite transformarse en un adulto. El ciclo de huevo a adulto tarda de 28 a 35 días.

Los adultos son de vida libre. Se localizan en cualquier parte de la masa del grano. A veces estas especies se encuentran asociadas.

El **Picudo de los graneros**, *Sitophilus granarius* (Linnaeus, 1758), se distribuye preferentemente en áreas templadas y frías, mide de 3 a 4 mm de largo. Son de color café oscuro a casi negro. Su tórax esta densamente cubierto con depresiones ovaladas. Sin manchas sobre los élitros. No puede volar.

El **Picudo cuatro manchas**, *Sitophilus oryzae* (Linnaeus, 1763) y el **Picudo o gorgojo del maíz**, *Sitophilus zeamais* (Motschulsky, 1855) son externamente parecidos por tener cuatro manchas claras sobre los élitros. Viven en climas tropicales. Son más pequeños, miden de 2 a 3 mm de largo. Su tórax esta densamente cubierto con depresiones circulares. De color café rojizo a casi negro. Pueden volar.



Sitophilus granarius (L.)
Gorgojo del trigo,
Picudo de los graneros



Sitophilus oryzae (L.)
Picudo cuatro manchas,
Gorgojo del arroz



Sitophilus zeamais (M.)
Picudo cuatro manchas,
Picudo o gorgojo del maíz

El grupo de **insectos llamados gorgojos** es el nombre común de varios insectos coleópteros, de cuerpo ovalado, rostro largo y encorvado con la apariencia de pico curvo, que atacan a cereales y leguminosas.

El siguiente grupo lo conforman dos especies con hábitos similares, son buenos barrenadores, el **Barrenillo de los granos o Taladrillo de los cereales**, *Rhyzopertha dominica* (Fabricius, 1792) y el **Barrenador grande de los granos**, *Prostephanus truncatus* (Horn, 1878).

Ambos atacan a todos los cereales y sus productos. No atacan al frijol. Sus adultos y larvas perforan los granos, produciendo abundante polvo. Comen el interior del grano dejando el cascarón.

Pueden volar y causan infestaciones de importancia en el campo y el almacén. Causan perforaciones en envases de cartón o material blando. Las formas inmaduras son de vida libre y al emerger del huevecillo atacan los granos. Ambas especies tienen cabeza retráctil dentro del protórax y de color café oscuro o castaño.

Las hembras depositan sus huevos libremente sobre granos o sus desperdicios. Las formas inmaduras son gusanitos pequeños de color blanco que viven dentro del grano o entre el polvo y las impurezas de los granos. La duración total del ciclo de vida varía de 4 a 6 semanas. Se reproducen y desarrollan constantemente a través del año.

Las características principales del **Barrenillo de los granos o Taladrillo de los cereales**, *Rhyzopertha dominica* (Fabricius, 1792) son las siguientes:

Protórax más o menos circular con las protuberancias en posición concéntrica hacia su parte superior y con un pequeño cuello que lo separa del abdomen. El adulto es más o menos de 2.8 mm de largo, su cuerpo es de forma cilíndrica, alargado, con la parte posterior redondeada.

Las características del **Barrenador grande de los granos**, *Prostephanus truncatus* (Horn, 1878), son: Protórax más o menos trapezoidal con protuberancias en el frente, cubierto densamente con depresiones circulares y casi no se nota una separación con el abdomen. El adulto es más o menos de 4.3 mm de largo, su cuerpo es de forma cilíndrica, alargado, con la parte posterior truncada.



Figura 2. *Prostephanus truncatus* (H.)
Barrenador mayor de los granos
Adulto en vista dorsal y su larva.



Figura 3. *Rhyzopertha dominica* (F.)
Taladrillo de los cereales,
Barrenillo o Capuchino de los granos

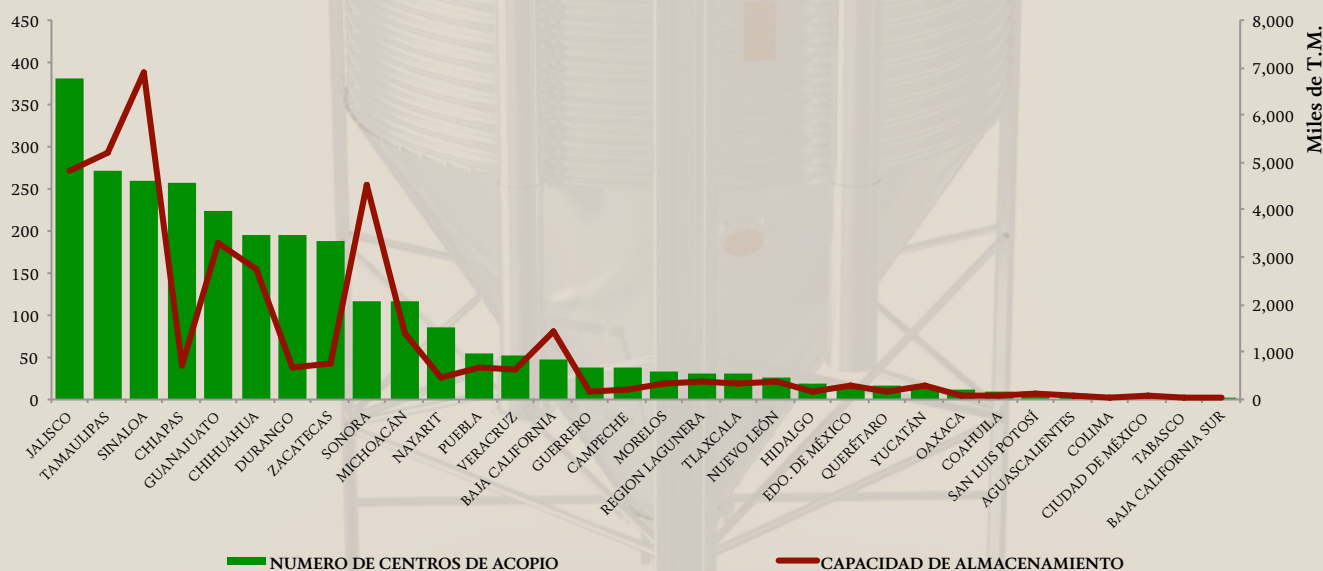
INFOGRAFÍA

NÚMERO DE CENTROS DE ACOPIO Y CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO

INFRAESTRUCTURA DE ACOPIO		PRODUCCIÓN Y CONSUMO	
NÚMERO DE CENTROS DE ACOPIO	CAPACIDAD TOTAL (MILES DE T.M.)	PRODUCCIÓN (MILES DE T.M.)	CONSUMO (MILES DE T.M.)
2,755	37,459	38,024	59,573

Datos obtenidos de Centros de Acopio “habilitados” por ASERCA en el Padrón Nacional de Centros de Acopio. El padrón puede contener información no actualizada.

Fuente: ASERCA (sep - oct): Producción y consumo año comercial 2015/16 (maíz, trigo, sorgo, soya, frijol, arroz, cebada, canola y otros)



El propósito de este documento es sólo de carácter informativo por lo que ASERCA no se hace responsable de cualquier interpretación que se haga del mismo.
T.M. Toneladas Métricas

TIPO DE ALMACENAMIENTO

MECANIZADAS

1 984 Centros de Acopio
63% de la capacidad instalada



Instalaciones donde el manejo de grano se lleva a cabo mediante sistemas mecanizados, cuentan con áreas específicas para realizar las maniobras de carga y descarga, así como equipo para movilizar el grano como elevadores y transportadores. Algunas cuentan con espuela de ferrocarril. Disponen de equipo de laboratorio para el análisis de granos, básculas camioneras y/o ferrocarrileras que suelen ser electrónicas, aunque también se encuentran mecánicas e híbridas; tienen secadoras de granos y sistema de aireación.

SEMI MECANIZADAS

2 1,475 Centros de Acopio
31% de la capacidad instalada



Instalaciones donde el manejo de grano está parcialmente mecanizado. Las bodegas tienen paredes de ladrillo, block, concreto o lámina galvanizada, piso de asfalto o concreto, techo de estructura metálica y lámina galvanizada y/o de asbesto. Para el manejo del grano cuentan con transportador superior o inferior, así como bazookas y mini cargadores. No tienen propiamente un sistema de aireación, solo adecuaciones realizadas a la instalación. El equipo de pesaje consiste principalmente de básculas mecánicas. Pueden tener secadoras y equipo para el análisis de granos. Algunas cuentan con espuela de ferrocarril.

INTEMPERIES

3 220 Centros de Acopio
6% de la capacidad instalada



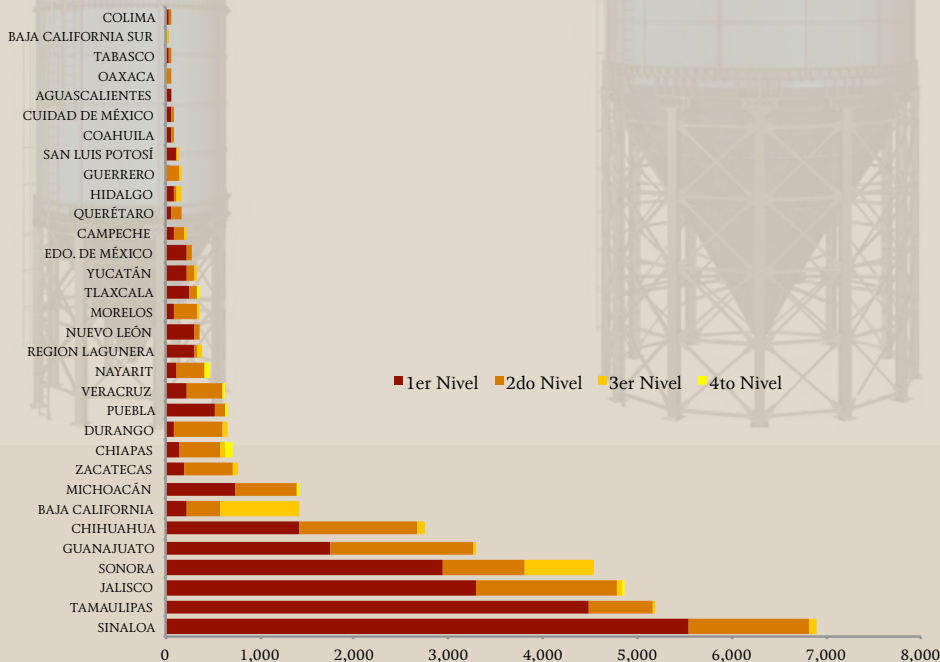
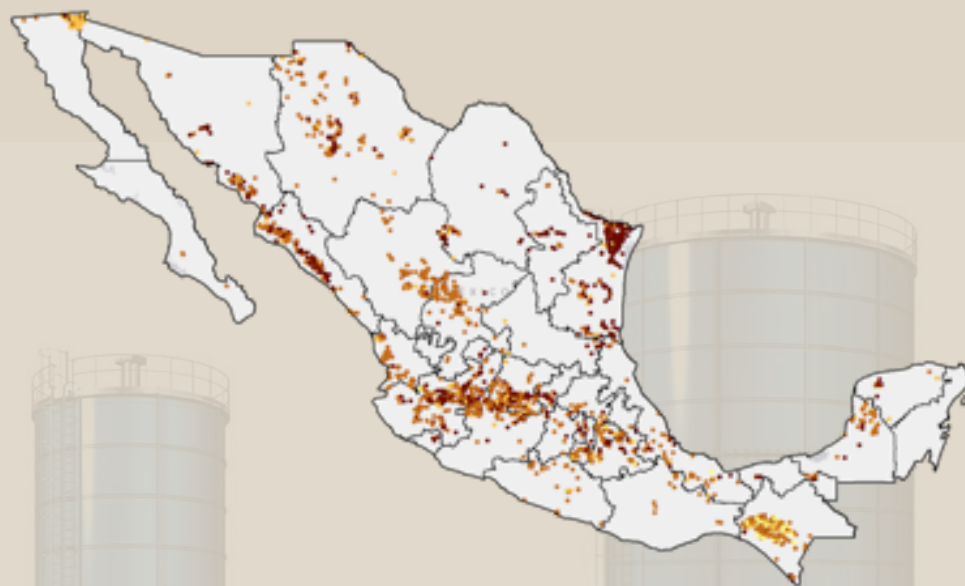
Instalaciones donde el manejo de grano se lleva a cabo principalmente con el uso de bazookas, bandas transportadoras, mini cargadores y esfuerzo físico, aunque en ocasiones suelen tener un transportador superior para la conformación del granel. Tienen piso de tierra, asfalto o cemento. Pueden tener muros de contención formados con producto envasado o cercos de lámina galvanizada, ladrillo, block, cemento o madera que delimitan el área de almacenamiento del grano. Pueden contar con otro tipo de facilidades tales como básculas mecánicas de piso y camioneras, así como secadoras.

SIN CLASIFICACIÓN

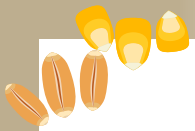
4 77 Centros de Acopio
< 1 % de la capacidad instalada



Son patios o terrenos baldíos que no cumplen con las especificaciones establecidas en las instalaciones mecanizadas, semi mecanizadas e intemperie. Este tipo de patios o terrenos baldíos, son utilizados ocasionalmente cuando hay un excedente de cosecha y solo de manera temporal, debido al riesgo de pérdidas, principalmente por cuestiones climatológicas.



El propósito de este documento es sólo de carácter informativo por lo que ASERCA no se hace responsable de cualquier interpretación que se haga del mismo.
T.M. Toneladas Métricas



El grupo de gorgojos siguientes son considerados plaga secundaria en granos enteros, por no tener la capacidad de perforar su cutícula, pero a veces actúan como primarios en grano molido o en harinas.

El Gorgojo confuso y el Gorgojo de la harina, son muy parecidos, entre ambas especies no se diferencian con facilidad ya que solo con un lente de aumento podríamos ver que la diferencia se encuentra en la forma de sus antenas, en el Gorgojo confuso es filiforme en forma de un cordón, y en el Gorgojo de la harina tiene forma de mazo ya que los tres últimos segmentos son de mayor tamaño.

Ambas especies se encuentran en cualquier clima donde se almacena grano y sus derivados. Pueden volar pero raramente lo hacen. Los adultos y formas inmaduras son de vida libre.

Atacan a gran diversidad de productos almacenados, de preferencia grano quebrado, sucio o dañado por otros insectos, consumiéndolo de fuera hacia adentro. En basuras y productos elaborados viven y se reproducen en grandes cantidades.

Las hembras depositan sus huevos libremente sobre granos y desperdicios. Las formas inmaduras son gusanitos pequeños de color blanco que viven entre los productos y desperdicios del grano. La duración total del ciclo de desarrollo varía de 4 a 6 semanas. Se reproducen y desarrollan constantemente a través del año.

Gorgojo confuso, *Tribolium confusum*. (Jacqueline du Val, 1863).

Su antena se ensancha gradualmente desde la base, en vista dorsal el margen de la cabeza sobrepasa el ojo, en vista ventral los ojos se notan pequeños, redondos y muy separados. El adulto mide de 4 a 5 mm de largo, color café rojizo, también llamado ocre, y su cuerpo de forma oblonga regular.

Gorgojo de la harina, *Tribolium castaneum*. (Herbst 1797)

La antena tiene tres segmentos terminales ensanchados en forma de clava, en vista dorsal el margen de la cabeza no sobrepasa al ojo, en vista ventral los ojos se notan grandes, ovales y poco separados. Los adultos miden de 4 a 5 mm de largo, de color café rojizo, ocre, el cuerpo de forma oblonga regular.



Figura 4. *Tribolium confusum* (J.). Gorgojo confuso de las harinas, tribolio oscuro (izquierda solo).

Figura 5. *Tribolium castaneum* (H.). Gorgojo castaño de las harinas o escarabajo rojo de la harina (derecha).

Los **Gorgojos Plano y Dientes de Sierra** atacan todos los cereales y sus productos almacenados, pero además contaminan con sus deyecciones y restos orgánicos todos los productos que invaden. Causan mayor daño en granos en los que abundan los granos quebrados, granos dañados por otros insectos o productos alimenticios fuera de norma.

Ambos son ampliamente distribuidos en todo el país. Sus adultos y larvas se alimentan desde fuera del grano. Los adultos transitan con rapidez sobre el producto infestado. Ambas especies vuelan y se reproducen todo el año.

Las hembras depositan sus huevecillos libremente en las hendiduras del grano dañado y entre los desperdicios. Si tiene condiciones favorables pasan de huevo a adulto de 4 a 5 semanas. Las larvas son de color blanco y se asocian con larvas de otras plagas en el ataque a los granos.

Gorgojo Plano, *Cryptolestes ferrugineus*, (Stephens 1831)

Antenas delgadas y largas como dos tercios del cuerpo y siempre extendidas al frente, su cuerpo plano de forma oblonga, ligeramente punteado. Tórax más ancho en el frente que en la base, sus bordes laterales lisos, tienen dos líneas deprimidas sobre cada lado. El adulto tiene 1.5 a 2 mm de largo, de color café rojizo.

Gorgojo Dientes de Sierra o Carcoma Dentada de los Granos, *Oryzaephilus surinamensis*. (Linnaeus, 1758)

El adulto es de cuerpo plano de forma alargada y ligeramente peludo, tiene 2.5 a 3.5 mm de largo, de color café oscuro. Antenas delgadas de tamaño un poco más largo que el tórax con los dos últimos segmentos ligeramente engrosados.

Tórax más largo que ancho, tiene tres líneas longitudinales levantadas y sus bordes laterales son dentados, de ahí su nombre. Larvas delgadas, blancas amarillentas, de 3.5 a 4.5 mm, adelgazándose hacia su extremo abdominal, se mueven libremente.



Figura 6. *Cryptolestes ferrugineus* (S.). Gorgojo rojizo de los granos (ferruginoso) o escarabajo de granos enmohecidos (izquierda).
Figura 7. *Oryzaephilus surinamensis* (L.). Gorgojo dientes de sierra o carcoma dentada (derecha).

Las palomillas son los insectos en forma de mariposa, el grupo de las palomillas que atacan a los cereales son: **Palomilla dorada, *Sitotroga cerealella*. Olivier, 1789** y la **Palomilla gris, *Ephestia kuehniella*. Zeller, 1879**. La primera se considera plaga primaria por la capacidad que tienen sus larvas de perforar granos sanos y enteros, ya que los adultos tienen una trompa succionadora que mantienen arrollada cuando no la están usando, la segunda es una plaga secundaria ya que sus larvas prefieren presentarse en granos rotos o en sus harinas.

Ambas especies se encuentran en todo el país. Se reproducen todo el año, especialmente en locales calientes. Producen abundantes contaminaciones. Ambas especies depositan varios cientos de huevos sobre y cerca del grano. Los huevecillos son de color blanco.

Palomilla dorada, *Sitotroga cerealella*. Olivier, 1789

Alas anteriores de color dorado con puntos negros escasos, sin bandas, las posteriores se angostan en forma de índice en su extremo exterior, de color gris claro con flecos tan largos como dos veces es el ancho del ala. Alas extendidas de 1.6 cm de largo, color dorado. La palomilla dorada ataca al trigo y al maíz desde el campo, aunque prefiere al trigo, completa su ciclo en 5 semanas. Las larvas de la palomilla dorada viven dentro del grano, son de color blanco y completan su desarrollo hasta llegar a adulto dentro del grano.

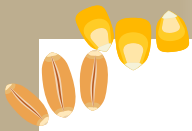
Palomilla gris, *Ephestia kuehniella*. Zeller, 1879

Alas anteriores de color gris con puntos y bandas negras, las posteriores son anchas, de color gris pálido con flecos. Alas extendidas de 2.0 cm de largo, color gris pardo. En posición de descanso la cabeza y el abdomen quedan ligeramente levantados.

La palomilla gris sólo ataca en los graneros y en los molinos, prefiriendo los productos de trigo, completa su ciclo en 9 semanas. Sus larvas son de color rosado y viven entre los granos, las cuales se alimentan desde el exterior cubriendo el producto con una telilla pegajosa que obstaculiza el paso de la harina por los elevadores y conductos de salida en los molinos.



Figura 8. *Sitotroga cerealella* (Olivier.) Palomilla dorada, Palomilla de los cereales (izquierda).
Figura 9. *Ephestia kuehniella* (Z.) Palomilla gris, Palomilla de los molinos, Polilla mediterránea de la harina, Polilla de la harina (derecha).



Descripción de las características de los insectos del frijol

En México los principales insectos en los granos de frijol, son el **Gorgojo pinto**, *Zabrotes subfasciatus* (Boheman, 1833) y el **Gorgojo pardo**, *Acanthoscelides obtectus* (Say 1831), ambos clasificados como primarios por ser capaces de perforar semillas enteras. Las pequeñas larvas al nacer se introducen directamente en los granos de frijol, donde completan su desarrollo hasta llegar a adulto, comen todo el interior del grano. Los adultos al salir dejan hoyos circulares característicos en el grano. Los adultos son de cuerpo robusto y de forma ovoide.

Por tener la capacidad de volar atacan las semillas desde el campo. Las hembras pueden infestar los frijoles desde el campo, a través de la vaina verde o en vainas maduras abiertas. Su daño es mayor en frijol almacenado, favorecidos por altas temperaturas. Los adultos viven libremente. La duración del ciclo de las dos especies varía de acuerdo con la estación del año.

Gorgojo pinto, *Zabrotes subfasciatus*, sobresale por su color negro, como si vistiera de etiqueta, sus élitros son cortos y peludos con una banda blanca transversal. Tórax casi tan ancho en la base como longitudinalmente, lados casi rectos. Con antenas filiformes, segmentos de la base café rojizo y el resto de color negro. El adulto mide 2.5. mm de largo. Son abundantes en climas tropicales. Por adherir sus huevecillos de color blanco sobre la superficie del grano, se denominan gorgojos pintos.

El **Gorgojo pardo**, *Acanthoscelides obtectus*, se distingue por su color gris olivo con pequeñas manchas, como si vistiera un uniforme militar de camuflaje, de élitros cortos y peludos, con pequeñas bandas transversales. Presenta un tórax un tercio más ancho en la base que longitudinalmente, lados curvos angostándose gradualmente hacia la punta. Antenas ensanchadas gradualmente desde la base, segmentos de la base y último de color café rojizo, los intermedios de color negro. El adulto mide 3.5. mm de largo. Habita en regiones frijoleras del altiplano. Deposita sus huevecillos blancos encima de los granos.

Cuadro 2. PRINCIPALES ESPECIES DE INSECTOS QUE ATACAN AL FRIJOL

	Nombre científico	Nombre común	Como primario	Como secundario	Vuela
Gorgojos	<i>Zabrotes subfasciatus</i>	Gorgojo pinto del frijol	Frijol	Garbanzos, chícharos	Si
	<i>Acanthoscelides obtectus</i>	Gorgojo pardo del frijol	Frijol	Garbanzos, chícharos	Si



Figura 10.
Figura 11.

Zabrotes subfasciatus (B.) Gorgojo pinto del frijol (izquierda).
Acanthoscelides obtectus (S.) Gorgojo pardo del frijol, Gorgojo del poroto o frijol (derecha).

El poder conocer y reconocer los principales insectos que atacan a nuestros principales granos, nos ayuda a diferenciar los insectos que sí atacan a nuestros granos almacenados de los que solo están de “visita”.

Métodos de control

El hombre desde los inicios de la agricultura se vio obligado a resguardar sus granos de todos los seres vivos que se lo querían comer, utilizó todos los objetos a su alcance para ir guardando sus granos, desde vasijas y cestas hasta almaces diseñados ex profeso.

Los insectos no sólo consumen el grano, sino que también lo contaminan con sus secreciones y sus restos que van dejando.

Cuando el número de insectos se hace evidente no queda más remedio que luchar, el hombre ha venido empleando diversas formas de combatirlos, desde usar el sol para ahuyentarlos al exponer los granos en asoleaderos, hasta la aplicación de químicos, pero a la larga hemos comprendido que afectamos la ecología presente en la naturaleza, ya que cuando aplicamos los insecticidas, afectamos también a sus predadores naturales, lo que ocasiona que a veces se aumente casi sin control natural la plaga dentro de nuestros almacenes.

Los métodos de control de insectos que el hombre ha venido utilizando se muestran en el cuadro 3.

Métodos físicos

Dentro de los métodos físicos tenemos el control de la **temperatura baja** y de la **humedad baja**, se necesita contar con equipo que nos ayude a controlar estas variables, pero sólo es accesible para grandes empresas por los costos de inversión.

Aire frío: El principio es inyectar aire frío (producido artificialmente) a través de la masa de granos almacenada tanto en silos convencionales, como celdas, cuando se alcanza la temperatura entre 14 y 17°C, se detiene el proceso, el cual puede durar horas o días, en función del tamaño de los silos, potencia de la máquina enfriadora, grano a enfriar, condiciones geográficas y climatológicas del lugar.

El de **sonidos y percusión** es caro, así como el de **radiación**, lo que lo limita comercialmente. El de **tierras diatomeas** tiene un menor costo pero no es accesible comercialmente el producto.

Almacenamiento hermético, el recipiente, almacén o silo debe ser hermético, debe evitar el intercambio gaseoso y de humedad con el exterior, y si desde el inicio nuestro grano viene seco, sano y limpio, nos asegura que el contenido de humedad no variará durante el tiempo de almacenamiento y su calidad se mantendrá uniforme.

Atmósfera modificada puede ser un proceso sencillo cuando se maneja a pequeña escala, pero se vuelve complejo al manejar grandes volúmenes, es necesario contar con un almacén hermético y que podamos desde el inicio del almacenamiento disminuir el oxígeno en el interior del almacén. Se sabe que todas las plagas se mueren cuando la concentración de oxígeno se restringe a 2%.



Cuadro 3. MÉTODOS DE CONTROL DE INSECTOS EN GRANOS ALMACENADOS, VENTAJAS Y DESVENTAJAS

Método	Tipo	Descripción	Ventajas	Desventajas
Físicos	Humedad baja	Mueren a humedades menores de 8%.	Se puede conservar por largo tiempo.	Por ser un material higroscópico tiende a recuperar la humedad si hay humedad alta en el ambiente. Se requiere secadoras y almacenes adecuados.
	Temperatura baja	No se desarrollan y reproducen abajo de 13°C y arriba de 35°C. Se inyecta aire frío al silo o al almacén cuando las condiciones climatológicas lo permiten, o bien, utilizando un sistema de aire acondicionado.	Económico al utilizar las condiciones climatológicas del lugar.	Temperaturas varían en el año y en la región, insectos tienden a adaptarse a altas temperaturas. Se requiere un equipo especial.
	Almacenamiento hermético	Almacenar el grano sano, seco y limpio en un recipiente que lo mantenga hermético, desde un saco hasta un silo. Se evita el intercambio gaseoso y de humedad.	Se puede conservar por largo tiempo. La respiración del grano disminuye el oxígeno y llega a matar al insecto. Relativamente económico.	Su impacto se reduce si se rompe la hermeticidad. Es importante capacitar al productor para facilitar su uso.
	Atmósfera modificada	Disminuye oxígeno y aumenta CO ₂ , impactando al sistema respiratorio del insecto y llegando a matarlo.	No contamina a la atmósfera, alteraciones organolépticas mínimas.	Necesario un tiempo de exposición, requiere monitoreo permanente. Para grandes volúmenes se requiere equipo especial.
	Cal micronizada	Se incorpora al grano en polvo o en solución con agua.	Barato e inocuo al hombre y al medio ambiente. Llega a alcanzar una alcalinidad en pH de 12. Elimina virus, bacterias, hongos, nemátodos e insectos. Apto para pequeños productores.	Deja residuos alcalinos, no recomendado para centros de alto volumen de grano. Requiere un determinado tiempo de exposición.
	Tierras diatomeas	Se incorpora al grano directamente y mezclándolo.	Inocuo al hombre y al medio ambiente.	Deja residuos. No es fácil conseguirlo.
	Sonidos y percusión	El golpe duro de una onda sónica, mata los estadios del insecto, aun huevecillos en el interior del grano.	Efectivo para eliminar huevecillos.	Necesario un tiempo de exposición, requiere infraestructura y es costoso.
	Radiación	Técnica del Insecto Estéril (TIE), se usan insectos machos esterilizados por radiación con rayos gamma, para acabar con la plaga.	Resultados exitosos en diversos países contra plagas que impedían la comercialización de productos agrícolas.	Requiere inversión gubernamental.
Químicos	Insecticidas	Compuesto químico aplicado por aspersión en el área de infestación.	De efecto rápido y buen control.	Dejan residuos tóxicos que hacen daño a la persona que esté en contacto, requieren de equipo especial para aplicarlos y capacitación para manejarlos.
	Fumigantes	Compuesto químico gasificado que se aplica al almacén previamente hermetizado.	No deja residuos tóxicos y de efecto rápido.	Algunas especies manifiestan resistencia: <i>R. dominica</i> en E.U. y Brasil; <i>Cryptolestes sp</i> en México.
Biológicos	Depredadores	Depredadores naturales que comparten el mismo hábitat y reconocen sus feromonas para encontrarlos.	Control natural, no hay residuos tóxicos, son depredadores selectivos.	No mata a todos los insectos, se necesita una gran población de depredadores.
	Parasitoides	Parasitan a plagas que infestan el grano.	Control natural y son selectivos.	No matan a todos los insectos, se necesita una gran población de parasitoides.
Agroecológicas	Plantas vegetales	Plantas con propiedades insecticidas.	Control natural y económico.	No mata a todos los insectos, no es ovicida. Se limita a las áreas que tienen esas plantas.
	Hongos entomopatógenos	Enemigos de los insectos, penetran el exoesqueleto.	Control natural y son selectivos.	Necesario tener altas humedades, pero puede dañar al grano el exceso de agua, no son ovicidas. No es práctico.

Cal micronizada, es hidróxido de calcio con un 98% de sus partículas pasando a través de una malla número 400 con un tamaño de 37 micras. Se recomienda mezclar en una proporción de 4 g por kg de grano, es decir 4 kg por tonelada, efectivo para combatir *Sitophilus zeamais* en maíz y trigo, le da buen combate a *Prostephanus truncatus* y *Tribolium spp* con un impacto entre 75 y 97 % de mortalidad para ambos en trigo en diversos ensayos.

Métodos químicos

Los insecticidas han venido a ser un arma poderosa en el combate de insectos desde su aparición, la experiencia y sus efectos fueron marcando cuáles deberíamos usar en los granos almacenados, a la fecha los recomendados son:

Polvos (ingrediente activo):	Dosis
Malatión 5%	1.0 a 1.5 kg / ton grano
	0.5 – 1 kg / ton de semillas a granel o mazorca
Deltametrina 02%	0,5 kg / tonelada grano,

Líquidos (ingrediente activo):	Dosis
DDVP/Diclorvos 100%	25 ml / 1 L de agua, con nebulizadora, 50 ml por cada 100 m ³ de espacio. 25 – 50 ml / 1 L de agua, con aspersora, rociar 50 ml de emulsión por m ²
Pirimiphos methyl	4 a 10 g i.a. / ton grano

PREPARACIÓN DE CONCENTRADOS EMULSIONABLES C.E. PARA SU APLICACIÓN AL GRANO

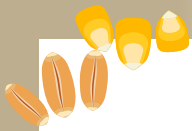
Ingrediente activo	Dosis por aplicar al grano	Cantidad de insecticida	Cantidad de agua para la dilución	Cantidad de solución por aplicar al grano	Cantidad de grano que puede ser tratado
	ppm	litros	litros	L / ton	ton
Malatión 100%	10	1	200	2	100
Malatión 50%	10	1	100	2	50
Malatión 100%	12	1	166	2	83
Malatión 50%	12	1	83	2	42

Los fumigantes recomendados en alimentos básicos (granos y semillas) son el bromuro de metilo y fosfuro de aluminio, utilizándose, con la condición de mantener el recipiente o almacén perfectamente hermético para evitar perder el fumigante y que disminuya la concentración letal.

El **bromuro de metilo** ha disminuido su uso por afectar la capa de ozono y sólo se recomienda para productos sometidos a cuarentena o para combatir ciertas especies específicas. Para granos se recomienda la dosis de 30 g/m³/ 24 horas de exposición a 26.5°C mínimo.

El **fosfuro de hidrógeno o fosfina**, es la sustancia activa que actúa como fumigante, se desprende de tabletas conteniendo fosfuro de aluminio o fosfuro de magnesio, en contacto con el agua del medio ambiente. La dosis recomendada es de 2 – 5 tabletas / ton grano / 72 horas de exposición a 26.5°C mínimo.

Gases inertes: la aplicación de gases tales como el dióxido de carbono, y ozono son muy costosos; requieren de instalaciones herméticas, provisión de gas, equipo específico, etc., factores que dificultan su implementación.



Dióxido de carbono. Aplicación de CO_2 como sistema de sanitización de granos almacenados en silos y bodegas, ayuda a obtener granos más limpios y menos nocivos a la salud de los consumidores. Lo recomendable es extraer el aire y suplirlo con CO_2 . Una atmosfera de 100% de dióxido de carbono mata al 95% de la población de gorgojos de la harina, *Tribolium castaneum* Herbst, en 11.9 horas y a las larvas de palomilla bandeada, *Plodia interpunctella*, en 24.1 horas.

Ozono. Puede eliminar los insectos sin dañar la calidad de los granos y detiene el crecimiento de los hongos.

Métodos biológicos

Todos los insectos y las plagas en especial tienen enemigos naturales que los parasitan y los depredan, el conocimiento de agentes de control biológico para este grupo de plagas es mínimo y lo que hay es a nivel de investigación. Los resultados reportan algunos agentes potenciales que pueden controlar eficientemente plagas de granos almacenados (García G., Ramírez D., Torres Z., Pinto y Ramírez A.)

El inconveniente es que solo podemos disminuir la población de la plaga, ya que el nivel de la población de parásitos y predadores va en relación directa a la de las plagas.

En el caso de los parásitos, éstos sólo atacan a un individuo, mientras que los predadores pueden causar la muerte de varios a lo largo de su vida. (Casini y Santajuliana).

Parasitoides, son insectos cuyas hembras ovipositan (dejan sus huevos) sobre la larva que serán su alimento y se desarrollan en el interior (endoparásitos) o en la superficie (ectoparásitos) del cuerpo del huésped, desarrollándose a costa del individuo al que terminan matando. La mayor parte de los parasitoides descritos son avispas (Hymenoptera).

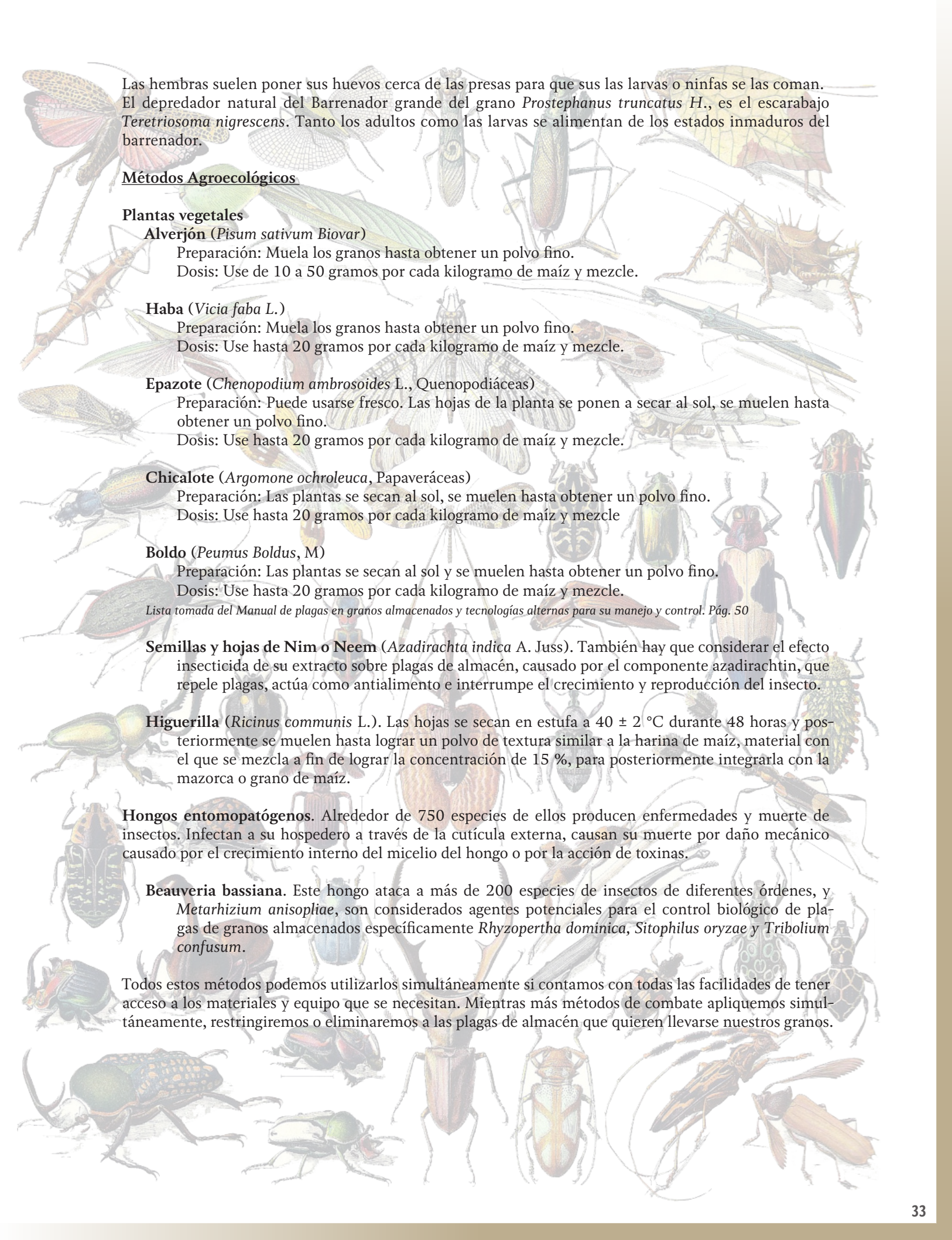
Las avispas hembras de *Bracon hebetor* buscan y pican el estado larval de palomillas pirálidas, como la Palomilla india de la harina (*Plodia interpunctella*) y la Palomilla mediterránea de la harina (*Anagasta kuehniella*. Zeller), dejan sus huevos sobre el cuerpo de la larva paralizada para que sus crías se desarrollen fuera y se alimenten del huésped.

La avispa de *Anisopteromalus calandrae*, coloca un huevecillo muy cerca de la larva del gorgojo del maíz *Sitophilus spp*, cuando eclosiona se ancla a su hospedante, desarrollándose a expensas de su huésped hasta matarlo.

La avispa *Pteromalus cerealella* es el parasitoide de *Sitotroga cerealella*.

Depredadores, son insectos que matan a sus presas para alimentarse de todos los estados de desarrollo, los mastican o les succionan el contenido interno. Sus larvas o ninfas se alimentan de muchas presas individuales para completar su ciclo de vida y su tamaño suele ser mayor que el de la presa.





Las hembras suelen poner sus huevos cerca de las presas para que sus las larvas o ninfas se las coman. El depredador natural del Barrenador grande del grano *Prostephanus truncatus* H., es el escarabajo *Teretriosoma nigrescens*. Tanto los adultos como las larvas se alimentan de los estados inmaduros del barrenador.

Métodos Agroecológicos

Plantas vegetales

Alverjón (*Pisum sativum* Biovar)

Preparación: Muela los granos hasta obtener un polvo fino.

Dosis: Use de 10 a 50 gramos por cada kilogramo de maíz y mezcle.

Haba (*Vicia faba* L.)

Preparación: Muela los granos hasta obtener un polvo fino.

Dosis: Use hasta 20 gramos por cada kilogramo de maíz y mezcle.

Epazote (*Chenopodium ambrosoides* L., Quenopodiáceas)

Preparación: Puede usarse fresco. Las hojas de la planta se ponen a secar al sol, se muelen hasta obtener un polvo fino.

Dosis: Use hasta 20 gramos por cada kilogramo de maíz y mezcle.

Chicalote (*Argomone ochroleuca*, Papaveráceas)

Preparación: Las plantas se secan al sol, se muelen hasta obtener un polvo fino.

Dosis: Use hasta 20 gramos por cada kilogramo de maíz y mezcle

Boldo (*Peumus Boldus*, M)

Preparación: Las plantas se secan al sol y se muelen hasta obtener un polvo fino.

Dosis: Use hasta 20 gramos por cada kilogramo de maíz y mezcle.

Lista tomada del Manual de plagas en granos almacenados y tecnologías alternas para su manejo y control. Pág. 50

Semillas y hojas de Nim o Neem (*Azadirachta indica* A. Juss). También hay que considerar el efecto insecticida de su extracto sobre plagas de almacén, causado por el componente azadirachtin, que repele plagas, actúa como antialimento e interrumpe el crecimiento y reproducción del insecto.

Higuerilla (*Ricinus communis* L.). Las hojas se secan en estufa a 40 ± 2 °C durante 48 horas y posteriormente se muelen hasta lograr un polvo de textura similar a la harina de maíz, material con el que se mezcla a fin de lograr la concentración de 15 %, para posteriormente integrarla con la mazorca o grano de maíz.

Hongos entomopatógenos. Alrededor de 750 especies de ellos producen enfermedades y muerte de insectos. Infectan a su hospedero a través de la cutícula externa, causan su muerte por daño mecánico causado por el crecimiento interno del micelio del hongo o por la acción de toxinas.

Beauveria bassiana. Este hongo ataca a más de 200 especies de insectos de diferentes órdenes, y *Metarhizium anisopliae*, son considerados agentes potenciales para el control biológico de plagas de granos almacenados específicamente *Rhyzopertha dominica*, *Sitophilus oryzae* y *Tribolium confusum*.

Todos estos métodos podemos utilizarlos simultáneamente si contamos con todas las facilidades de tener acceso a los materiales y equipo que se necesitan. Mientras más métodos de combate apliquemos simultáneamente, restringiremos o eliminaremos a las plagas de almacén que quieren llevarse nuestros granos.

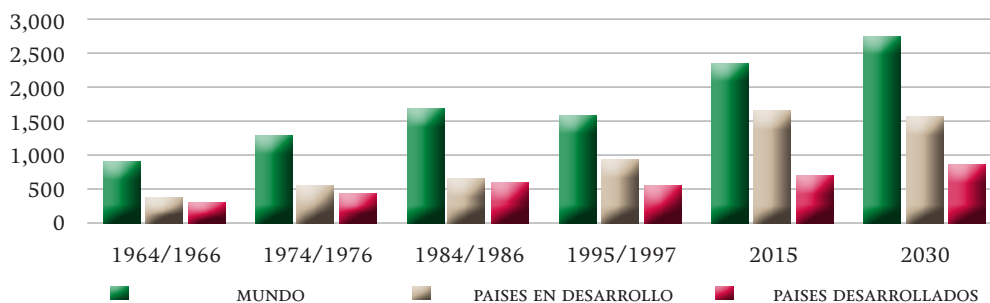
CONTROL QUÍMICO DE PLAGAS EN GRANOS ALMACENADOS *

I Introducción

La producción de granos en el mundo, contribuye a una fuente importante en la alimentación de la población mundial, pero existen factores que limitan su acceso, como son las plagas; por señalar algunas, están los insectos, roedores, aves y microorganismos, que van a demeritar su calidad y reducir la disponibilidad.

Actualmente, la producción mundial de cereales está alrededor de 2,400 millones de toneladas (Figura 1) y estudios realizados por expertos, en cuanto a la pérdida en la producción mundial de alimentos por la acción de plagas, han hecho estimaciones que van del 5 al 10% y en algunos países hasta el 50% (FAO y Ali H. Duarte).

PRODUCCIÓN MUNDIAL DE CEREALES PARA EL PERIODO 1964-1997 Y SU PROYECCIÓN A 2030
MILLONES DE TONELADAS



FUENTE: FAOSTAT (FAO 2004)

* Ismael Martínez Arguijo. Ingeniero Agrónomo egresado de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, especialista en fumigaciones industriales a granos almacenados.

* José Melgarejo Hernández. Biólogo egresado de la Universidad Nacional Autónoma de México, especialista en postcosecha de granos. Dirección General de Política de Comercialización de ASERCA.



II Tipos de plagas que atacan los granos almacenados

Existen alrededor de 250 especies de insectos-plaga que atacan los granos almacenados, pero son aproximadamente 20 especies las que tienen mayor importancia (FAO). La infestación se da desde el campo, debido a los huevecillos ovipositados durante la pre-cosecha y posteriormente la infestación se manifiesta durante el almacenamiento.

2.1.- Clasificación de los insectos.

Las plagas varían dependiendo de la región, clima, tiempo de almacenamiento y las podemos clasificar de acuerdo al daño que ocasionan en plagas primarias, secundarias y terciarias.

Plaga primaria.- Es la de mayor importancia durante el almacenamiento, porque ataca al grano íntegro sin daño previo, perforan el grano, se introduce, se alimenta y oviposita, contamina el producto con sus desechos y favorece la infestación de plaga secundaria. Dentro de este grupo tenemos a los siguientes:



Sitophilus spp



Rhizopertha sp



Prostephanus sp



Sitotroga sp

Plaga secundaria.- Estos insectos no perforan el grano y no atacan los granos íntegros, sino que se alimentan de los granos dañados por la plaga primaria o por los granos partidos producto del manejo y procesamiento. Dentro de este grupo tenemos:



Tribolium spp



Cryptolestes spp



Orizaephilus spp



Plodia spp

Plaga terciaria.- En este grupo se consideran a los ácaros, que son del orden de los arácnidos, se alimentan de los residuos que deja la plaga primaria y secundaria, se desarrollan en secciones del almacén donde haya filtraciones de humedad.

2.2.- Daños que ocasionan los insectos de almacén.

a) Daños directos.

Consumo.- Pérdida de peso, degradación de nutrientes, deterioro del poder germinativo y disminución del valor comercial.

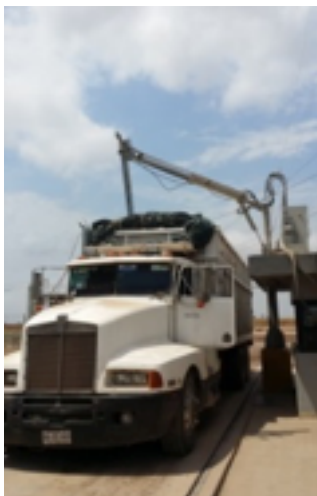
Contaminación.- Por el aporte que hacen las plagas bien sea por su cuerpo o parte del mismo (patas, antenas, etc.) al grano almacenado o al producto procesado.

b) Daños indirectos.

Calentamiento y migración de humedad, producto del metabolismo de los insectos, distribución de hongos por los aumentos de humedad, temperatura, proliferación de micotoxinas y bacterias nocivas, transmisión de enfermedades al ser humano y costos por tratamientos con insecticidas.

2.3.- Formas de detección de plagas en granos almacenados.

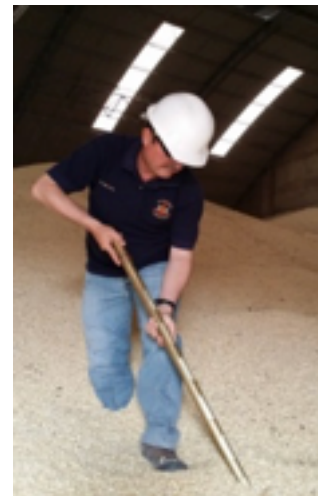
La forma más común de detectar la presencia de plaga en los granos es mediante la toma de muestras, ya sea durante el acopio o con muestreos periódicos durante el periodo de almacenamiento.



Muestreo durante la recepción.



Muestreo en almacén.



2.4.- Tipos de infestación.

- Horizontal: La infestación se da en el campo.
- Vertical: es el movimiento de los insectos dentro de la masa de granos almacenados.
- Latentes: es la presencia o supervivencia de los insectos en las estructuras del silo, transportadores, elevadores e instalaciones, una vez terminado el embarque de los granos.
- Cruzada: es el movimiento de los insectos de una bodega y/o silo a otro, al momento de la recepción, despacho, trasilaje o ventilación.

III Métodos de control de plagas

3.1.- Control biológico.- Consiste en utilizar los enemigos naturales de la plaga problema, como es el caso de los parásitos y predadores, así como algunos patógenos de plagas.

3.2.- Control físico.- Este método de control consiste en modificar la atmósfera dentro del almacén, dentro de los cuales se pueden mencionar los siguientes:

a) Control por calor.- Consiste en la aplicación de aire caliente a alta velocidad dentro de la masa del granel, esta técnica se utiliza más en trigo en algunos países.

b) Control con gases inertes.- Consiste en la aplicación de algunos gases como el dióxido de carbono (CO_2), nitrógeno y fluoruro de sulfurilo, estos sistemas requieren de instalaciones muy herméticas y provisión del gas.

c) Control con aire frío.- Consiste en la aplicación de aire frío artificial, a través de la masa del granel, aunque se requiere de equipos muy sofisticados y con fuerte consumo de energía eléctrica.

3.3.- Control químico.- Es el método de control más utilizado en la actualidad para el control de insectos de almacén, consiste en la aplicación de insecticidas y fumigantes previamente autorizados por COFEPRIS para el tratamiento a granos almacenados.

IV Aplicación de insecticidas

La aplicación de insecticidas en granos almacenados consiste en la impregnación de insecticidas con alto poder residual, entre los que tenemos a las deltametrinas, pirimifos metil y las espinosinas.

Para la impregnación del grano, se utiliza un equipo dosificador para aplicar la cantidad necesaria, dependiendo del periodo de protección requerido, tal como se muestra en las siguientes tablas:

Tratamiento con deltametrinas	Protección	Dosis
Impregnación a granos y semillas a granel	6 meses	20 ml + 280 ml de agua/ton.
	12 meses	40 ml + 260 ml de agua/ton.
Cordones sanitarios por aspersión a superficies y locales vacíos	Aplicar 1 litro de mezcla/10-20 m ²	100 ml/10 lts. agua
Termo-nebulización	Tratamiento espacial, no residual	40 ml/litro de diluyente/1000 m ³

Tratamiento por impregnación	Protección	Dosis
Impregnación con Pirimifos metil a granos y semillas a granel	3 meses	8 ml + 300 ml de agua/tonelada
	6 meses	12 ml + 300 ml de agua/tonelada
	12 meses	16 ml + 300 ml de agua/tonelada
Impregnación con Espinosinas a granos	6 meses	2 ml + 298 ml de agua/tonelada
	9 meses	4 ml + 296 ml de agua/tonelada
	12 meses	6 ml + 294 ml de agua/tonelada

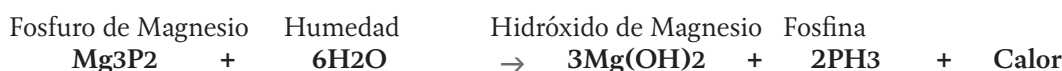
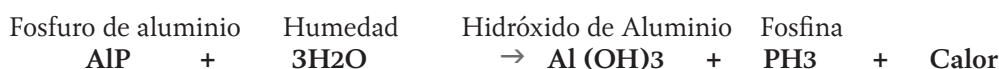
V Fumigación de granos con fosfuros

La utilización de fosfuro de aluminio es el método más común para el control de plagas en granos almacenados a granel, en centros de acopio de gran capacidad de almacenamiento y en medios de transporte de granos.

El fosfuro de magnesio también es utilizado para casos específicos, como productos terminados y algunos medios de transporte.

Los fosfuros de aluminio y de magnesio son fumigantes químicos que a temperatura y presión determinada, liberan un gas (fosfina), que en concentración suficiente resulta letal para los insectos y que es capaz de penetrar a los granos y empaques de los productos.

El gas fosfina, es un gas fumigante, incoloro e inodoro, que se genera por la hidrólisis del fosfuro de aluminio o magnesio, que son fumigantes sólidos.

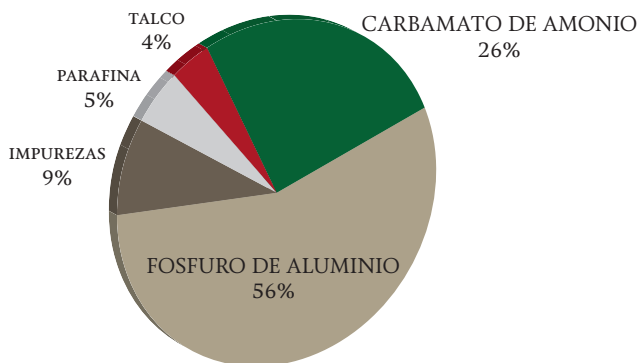


5.1 Presentación del fosforo de aluminio.

Las presentaciones más comunes del fosforo de aluminio son en tabletas de 3 gramos y perdigones o pellets de 0.6 gramos, el tiempo de exposición en tabletas será mínimo 72 horas y en perdigones o pellets de mínimo 48 horas.

1 tableta AIP → 3 gramos → 1 gramo de PH₃ → 718.3 ppm
 1 Pellet o perdigón → 0.6 gramos → 0.2 gramos de PH₃ → 143.7 ppm

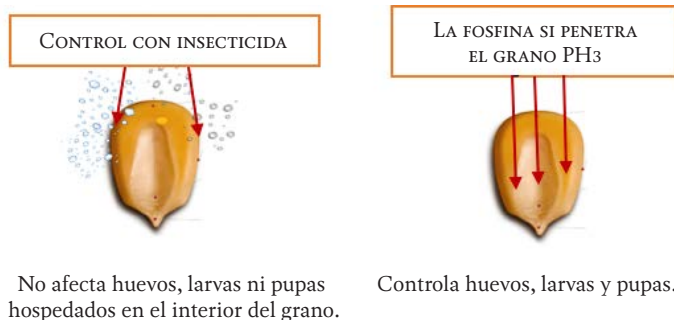
Un gramo de fosfina (PH₃) corresponde aproximadamente a 718.3 ppm de gas, lo cual es clave para los cálculos de dosis y medición de concentraciones.



Composición de una tableta de fosforo de aluminio

Marcas comerciales de fosforo de aluminio.

El gas fosfina tiene la capacidad de penetrar los empaques y productos y así eliminar los diferentes estados de desarrollo de los insectos, a diferencia de los insecticidas, que no penetran los granos y no controlan los huevos, larvas ni pupas, de ahí la importancia de considerar la utilización de los fosforos de aluminio y magnesio.



Diferencia de aplicar insecticidas y fosforos.

La efectividad en la fumigación con gas fosfina a granos almacenados, va en función de diversos factores tales como condiciones de hermeticidad del local, tipo de grano, temperatura, humedad relativa, tiempo de exposición, tipos de plaga a controlar y sus etapas de desarrollo, así como las condiciones del granel (compactación, impurezas, humedad).



Tolerancia a la fosfina (PH₃) en las distintas etapas de desarrollo de los insectos.

5.2 Plagas a controlar con gas fosfina.

Mariposa de las almendras, mariposa de los granos, mariposa de la harina, escarabajo plano de los granos, gorgojo del frijol, moscas de las frutas, mariposa de las pasas, gorgojo de los graneros, escarabajo de la harina, escarabajo de los hongos, mariposa grande de la cera, gorgojo del arroz, escarabajo de la hoja de cereal, escarabajo del tabaco, escarabajo confuso de la harina, escarabajo Khapra, mariposa del tabaco, escarabajo de la fruta seca, barrenador menor de los granos, mariposa de la fruta seca, gorgojo del maíz, gorgojo de chícharo, abejas africanizadas, entre otros.

5.3 Productos que se pueden fumigar con el gas fosfina.

- a) Productos agrícolas sin procesar, alimento para animales e ingredientes alimenticios, tales como, maíz, trigo, cebada, sorgo, arroz, frijol, centeno, almendras, alimento para animales, nueces, cacao, café, dátiles, sorgo, semillas diversas (hortalizas, flores, girasol, vegetales, algodón, ajonjolí, cártamo), cacahuates, pistache, palomitas de maíz, avellanas.

Para los productos almacenados a granel se aplica el fosfuro de aluminio directamente sobre los mismos graneles y en productos que no están a granel, se tienen que fumigar como si fueran productos elaborados, es decir que el fosfuro de aluminio no debe ponerse en contacto con los productos almacenados, para esto se utilizan sobres permeables, bandejas, platos, etc., para recuperar el residuo del fosfuro de aluminio.

- b) Productos procesados, estos productos no deben ponerse en contacto con el fosfuro de aluminio o magnesio, entre los que podemos mencionar, harinas de cereal, mezclas de harina de pan, azúcar y dulces procesados, cereales procesados, hojuelas dulces procesadas, quesos y sus derivados, carne seca y procesada, chocolate y productos de chocolate, café procesado, sémola de maíz, pescado seco, dátiles e higos, leche deshidratada y en polvo, crema en polvo, frutos secos o deshidratados, especias, frutos secos procesados, vegetales secos y deshidratados.
- c) Productos no alimenticios, incluyendo el tabaco, estos productos tampoco deben entrar en contacto con el fosfuro de aluminio y magnesio, entre los que podemos mencionar, algodón procesado o sin procesar, lana y otras fibras naturales, plantas secas y flores, plumas, piel y sus productos, tabaco, papel y productos derivados de papel, madera y productos de madera, árboles cortados, bambú y otros productos no alimenticios.

5.4 Dosificación y tiempo de exposición.

Hay varios factores a considerar para determinar la dosis adecuada en un tratamiento determinado, como son, la temperatura, humedad relativa, tipo de bodega, condiciones del granel y tipo de plaga a controlar entre otros aspectos.

En la siguiente tabla se dan las dosis y tiempos de exposición recomendados:

Almacenamiento	Mercancía	Dosis	Tiempo de exposición
Silos	Granel	2-3 tabletas/m ³	Mínimo de 72 horas
Bodega plana/Pilas	Granel	3-6 tabletas/tonelada	
Producto envasado	Paquetes, costales	2-3 tabletas/m ³	
Espacios vacíos, molinos		1-3 tabletas/m ³	
Mercancías no comestibles		2-3 tabletas/m ³	

5.5 Condiciones para el tiempo de exposición.

A cada tratamiento de fumigación, se le debe dar el tiempo de exposición adecuado, sólo que la temperatura será un factor limitante, por lo que se debe considerar de acuerdo a la siguiente tabla:

Temperatura	Períodos mínimos de exposición
Menor a 5 °C	No fumigar
5 – 12 °C	10 días (240 horas)
12 – 16 °C	5 días (120 horas)
16 – 20 °C	4 días (96 horas)
Mayor a 20 °C	3 días (72 horas)

5.6 Factores que influyen en el éxito de una fumigación.

- 1) Humedad relativa y temperatura.- Las condiciones ideales para que el gas fosfina alcance su máxima concentración, se da con humedad relativa de 60-65% y temperatura ambiente de 25°C.
- 2) Tipo de plaga a controlar.- Los estados larvarios y pupal requieren mayor concentración de fosfina y alargar los tiempos de exposición.
- 3) Condiciones de hermeticidad del local a fumigar.- Para evitar posibles fugas de gas y mantener la concentración letal por tiempo suficiente para eliminar la plaga.
- 4) Compactación del granel.- A mayor compactación del granel, el gas penetrará en la masa del mismo muy lento y requerirá mayor tiempo de exposición.
- 5) Distribución homogénea del fumigante.- Entre más se lotifiquen los puntos de aplicación, la distribución del gas será más homogénea.
- 6) Tiempo de exposición adecuado.- Si prolongamos el tiempo de exposición, obtendremos mejores resultados en la fumigación.

5.7 Materiales y equipos para la aplicación de fosforo de aluminio.

Los materiales y equipos de aplicación para la fumigación, va a depender del tipo de tratamiento de que se trate, si es en silo, bodega, intemperie, pilas, sistema de recirculación de gases, etc., por lo que la siguiente relación es solo una guía para los distintos tratamientos:

Equipo de protección personal, mascarillas de cara completa con filtros para fosfina, fumigante, insecticidas líquidos y en polvo para cordón sanitario, polietileno transparente de 600 gauges de espesor, cinta canela o metálica, pegamento de contacto, brochas, escaleras, arneses, cuerdas de vida, sondas o tubos inyectores, motores de recirculación (en sistema de recirculación de gases), aspersora tipo parihuela y de mochila, termonebulizadora, cinta de aviso de peligro para acordonar el área a fumigar, detector de atmósferas para oxígeno y fosfina, monitor de atmósferas para concentraciones altas, formatos para reporte de trabajo, papeletas de peligro y otros (gasolina, diesel o queroseno).

5.8 Proceso de fumigación.

Antes de iniciar un proceso de fumigación se realiza una visita de reconocimiento al establecimiento a tratar, para determinar el tipo de fumigación (bodega plana, silo, pila al exterior, estibas, local vacío).

Se elabora el Plan General de Fumigación. En el que se especifica el tipo de fumigación a realizar, dependiendo de la bodega que se trate.

- 1) Informar a empleados del centro de acopio del área que va a ser fumigada e informar de los posibles riesgos.
- 2) El personal aplicador debe estar debidamente entrenado en el manejo y aplicación de plaguicidas, así como conocer las medidas en caso de emergencia.
- 3) Debe designarse a un responsable de la fumigación, quien vigilará que se tomen las precauciones debidas antes, durante y después de la aplicación.
- 4) Las máscaras de cara completa con filtros apropiados para fosfina solo protegen hasta 15 ppm máximo. Arriba de esta concentración, se debe utilizar equipo de respiración autónomo.
- 5) Abrir los botes de fosforo de aluminio en lugares ventilados.
- 6) Nunca debe estar una sola persona en el interior del área a fumigar.
- 7) Seguir las instrucciones del plan general de fumigación para que la exposición a la fosfina sea mínima, apoyarse con un detector de fosfina, para ir revisando la concentración de fosfina durante la aplicación.
- 8) Usar ropa adecuada y cómoda.

- 9) No amontonar los comprimidos para evitar el de flamabilidad.
- 10) No fumar ni comer en lugares fumigados.
- 11) Colocar los avisos de peligro por fumigación con fosfina.
- 12) Medir las concentraciones de fosfina, para verificar que se alcance la concentración letal de fosfina y de ser necesario reforzar cuando sea indispensable
- 13) Las áreas fumigadas se deben ventilar hasta que la concentración de fosfina esté en 0.3 ppm máximo, para poder ingresar.
- 14) Tener a la mano los teléfonos de emergencias de la zona y las hojas de seguridad de los plaguicidas a utilizar.



Máscara de cara completa con filtro para fosfina



Monitor de fosfina 0-2000 ppm



Detector de fosfina 0-20 ppm

5.9 Tipos de fumigación.

1) Fumigación en bodegas horizontales.

Para la fumigación de granos almacenados en bodegas horizontales, de acuerdo al tamaño y volumen a fumigar, se debe lotificar la superficie del granel, para determinar el personal necesario para la aplicación, así como las dosis de fumigante. Se coloca el fumigante dentro del granel, por medio de sondas y otra parte se aplica en la parte superficial, tratando de que se aplique lo más homogéneo posible. Bodegas que son herméticas y que están con volumen entre 70 al 100% de su capacidad, se hermetizan puertas, extractores, túnel, etc., para evitar fuga de gas fosfina. En bodegas con bajo volumen o, que no son herméticas, se cubre el granel con lonas de polietileno, con el grosor suficiente que evite la fuga de gas y, poder alcanzar la dosis letal por el tiempo de exposición requerido.



Vista panorámica de un centro de acopio.



Preparación de las lonas.



Aplicación del fumigante.

2) Fumigación en silos.

En los tratamientos a granos almacenados en silos, lo más recomendable es fumigar con el sistema de recirculación de gases, que consiste en la recirculación de gas fosfina a través de la masa del granel y se logra aplicando el fumigante sobre la superficie del granel y se recircula mediante los ductos previamente instalados y con un motor de recirculación, se succiona de la parte superior y se introduce por la parte inferior del

silo a través de los ductos de aireación y, con esto, se garantiza la penetración controlada y homogénea del gas fosfina. Para esto se deben hermetizar completamente las ventilas, extractores, túneles, etc., para evitar fugas de gas y alcanzar la concentración letal de fosfina y poder tener control de la plaga a combatir.



Vista superior de un centro de acopio. Hermetización de los motoventiladores. Equipo protector para la fumigación.

3) Fumigación en intemperies.

Este tratamiento es muy similar a las bodegas horizontales, se descubre el granel para la aplicación de las tabletas mediante las sondas y otra parte se aplica sobre la superficie y se cubre nuevamente el grano con las lonas para evitar la fuga del gas fosfina. Estos tratamientos son más comunes en el trigo del Noroeste de México, ya que se almacena con humedad baja y no requiere de aireación durante el tiempo de almacenaje.



Vista panorámica de una intemperie.

Cuadrilla de trabajadores aplicando el fumigante.

Aplicación del fumigante.

4) Fumigación en estibas.

Para la fumigación de producto encostalado y en estibas, se requiere colocar los comprimidos de fumigante en bolsas permeables o charolas, para evitar contaminar con el polvo residual (hidróxido de aluminio) los costales y para recuperar los residuos una vez cumplido el tiempo de exposición y desactivar este producto residual en el exterior. Se debe cubrir la totalidad de las estibas con lonas de polietileno, para evitar fuga de gas fosfina.



Estibas a intemperie.

Estibas en el interior de una bodega.

5) Fumigación en tolvas de ferrocarril.

Para la fumigación de granos en embarques por tolvas de ferrocarril, se deben hermetizar las compuertas inferiores y conforme se va llenando la tolva, se pueden ir agregando los comprimidos de fosforo de alumi-

o, en su caso, una vez que se complete el llenado de la tolva, se aplican mediante una sonda dentro de la masa del granel; se hermetiza la parte superior de la tolva y se cierran las tapas, para evitar las fugas de gas.



Tolvas graneleras.



Llenado de las tolvas.



Aplicación del fumigante.

VI Cordones sanitarios por aspersión, espolvoreo y termo-nebulización

Para reforzar un tratamiento de fumigación con fosforo de aluminio, se pueden aplicar insecticidas con alto poder residual al interior y exterior de las áreas fumigadas, fosas, elevadores, túneles, mecanismos, secadoras, etc., como medida preventiva y/o correctiva.

Para esto, se pueden aplicar insecticidas (deltametrinas, pirimifos metil, cipermetrinas, etc.), mediante aspersión, espolvoreo y termo-nebulización.



Aspersión con insecticida.



Aplicación de insecticida en polvo.



Termo-nebulización con insecticida.

VII Operaciones de post-aplicación

- 6) Una vez concluido el tiempo de exposición al fumigante, se debe ventilar el local de acuerdo con las limitaciones estructurales.
- 7) Utilizar un detector de gas antes de volver a entrar al interior del almacén fumigado para determinar la concentración del fumigante.
- 8) Una vez concluido el proceso de aireación, remover los letreros de peligro e informar al gerente responsable del centro de acopio que se puede regresar a trabajar.

VIII Bibliografía

- Arias, V.C. 1993. Manual de manejo poscosecha de granos a nivel rural. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago, Chile. <http://www.fao.org/docrep/x5027s/x5027S00.htm#Contents>
- Grain Inspection Handbook. United States Department of Agriculture (USDA). Grain Inspection Packers and Stockyards Administration. Federal Grain Inspection Service. July 2005.
- Grain Inspection, Packers and Stockyards Administration. United States Department of Agriculture. Agriculture Grain Inspection Handbook Book II. Administration Corn. 6/1/97 Chapter 4 Corn.
- Guía de Granos. Manual Ilustrado de Control de Calidad. Asociación Cooperadora Amigos de las Escuelas de Recibidores de Granos. República Argentina. 1989.
- Ramírez G., M. 1982. Almacenamiento y conservación de granos y semillas. Editorial CECSA. México, D.F. 300 p.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Almacenamiento Agrícola en México. Mayo de 2012.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Almacenamiento y Conservación de Granos y Semillas. Sin fecha de edición.

MANEJO INTEGRADO DE ROEDORES *



.....

Cuando se habla de ratas y ratones nos encontramos hablando del mayor y más numeroso grupo de mamíferos que existe sobre la Tierra. Son animales de hábitos generalizados que comen y destruyen dondequiera prácticamente todo. Estas características colectivas en los roedores es la clave de su extraordinaria adaptabilidad; constituyen por lo tanto el grupo de vertebrados plaga distribuido con mayor amplitud que afecta al hombre, al poseer hábitats muy extensos y variados que ocupan una gran porción de la superficie del globo terráqueo.

Existen especies comensales y silvestres, cuyos ataques originan daños de gran consideración al destruir miles de toneladas de granos y cosechas diversas, alimentos almacenados, en proceso o en tránsito. Dañan y destruyen instalaciones agropecuarias, sistemas de riego y drenaje, áreas de reforestación, bodegas y construcciones diversas, incluyendo material aislante o cable eléctrico, ocasionando frecuentes incendios.

Los roedores, en general, son organismos superadaptados en términos de supervivencia; la misma rata que vive en un túnel en el Continente Americano o en un desván en Europa, se puede encontrar en una isla tropical sobre el cogollo o penacho de una palma de coco, de la cual no desciende por generaciones; nadan y compiten por alimento con los peces y han resistido pruebas atómicas.

El valor de los daños causados por los roedores en las áreas urbanas, semiurbanas y rurales en el mundo, asciende a muchos miles de millones de dólares y, desde el punto de vista sanitario, diseminan enfermedades que afectan al hombre, a sus animales domésticos y a la fauna silvestre. Como las ratas frecuentan basureros, estercoleros, excusados, drenajes y otros lugares insalubres, de éstos ambientes se introducen a las casas, restaurantes, panaderías, mercados y almacenes donde prácticamente infectan todo, ya que sus patas y colas acarrear millones de agentes patógenos; finalmente, sus excrementos y orina contaminan lo que no pueden comer o destruir.

Para limitar considerablemente sus daños y el riesgo de transmisión de enfermedades, se combate a estos roedores en muy diversas formas; por desgracia todavía no se utilizan eficazmente las mejores prácticas y técnicas de control, así como tampoco el uso de los productos rodenticidas apropiados.

Los roedores, y en particular las ratas y ratones, han sido asociados con el hombre desde el inicio de su peregrinar por el mundo; se les cita como comensales perfectamente asociados en cuanto a su distribución y hábitos alimenticios. Siempre han sido y son considerados como un serio problema en la producción de diversos materiales alimenticios de origen vegetal o animal, ya que asaltan y destruyen plantaciones y objetos diversos.

En ocasiones se puede limitar considerablemente el riesgo de transmisión de una enfermedad al combatir y reducir las poblaciones de roedores que contribuyen a su difusión. Por desgracia, particularmente en muchos países en desarrollo, todavía no se utilizan las mejores técnicas en su control, pues los conceptos fundamentales de ecología en la lucha contra éstos, son aplicables por igual a los renglones agropecuarios y de la salud pública. Combatirlos eficazmente es una labor que requiere del esfuerzo conjunto de todos los organismos competentes especializados de los Gobiernos de los Estados, y en muchas ocasiones de los organismos internacionales como son la FAO, las Naciones Unidas, las Organización Mundial de la Salud y la Organización de los Estados Americanos, que trabajan en nuestro Continente.

.....

* Dr. Ricardo Ituarte Soto, Médico Veterinario Zootecnista, egresado de la Universidad Nacional Autónoma de México. Coautor del libro "Roedores y Lagomorfos", traductor y distribuidor del libro "Guía Científica de Truman para operaciones de manejo de plagas" y creador del boletín técnico de capacitación de manejo de plagas urbanas INFOTECNI.

No obstante su importancia, es sorprendente la falta de información que en la actualidad existe sobre los daños que originan los roedores en las áreas agrícolas tropicales y subtropicales, así como especies involucradas, estructura poblacional, densidades, sexos, edades, fluctuaciones estacionales, y el registro de otros parámetros indicativos de su importancia que nos permita, en su caso, conocer la eficacia de los sistemas de control empleados.

En términos generales, se ha calculado que las ratas y ratones hurtan o destruyen un 7.5% de la producción mundial de granos, pérdidas que se agravan por su importancia en los problemas de la malnutrición y susceptibilidad de la población humana local a diversas enfermedades transmisibles.

La ecología plantea conceptos fundamentales para su combate, dado que la multiplicación y propagación de enfermedades de los focos naturales a los roedores y de éstos al hombre, así como los daños que causan en el campo, son más afectados por el régimen de lluvias, cultivos y prácticas agrícolas, especies de animales involucrados, ciclos reproductivos, desplazamientos, etc., especialmente si estos últimos se realizan dentro de las áreas marginales rurales y en las zonas urbanas.

La especialización en los daños varía conforme al roedor involucrado, ya que por una parte, las especies que afectan al campo no son iguales a las especies encontradas en las ciudades y por la otra, las especies de roedores urbanos se encuentran en un proceso de desplazamiento a las áreas rurales, aprovechando como trampolín las instalaciones pecuarias que generalmente se establecen en las cercanías de las grandes ciudades para proveerlas de huevo, carne, etc., necesarios para el consumo de sus poblaciones.

Para poder mantener bajas las poblaciones se cuenta con distintas formas de lucha que se establecen dentro del manejo integrado, el cual permite mantener libre de infestación por largos períodos de tiempo.

El manejo integrado comprende varios aspectos:

Aspecto legal y educacional, cada país establece los lineamientos para aplicar el Manejo Integrado de Roedores en sus leyes y reglamentos.

CONTROL DIRECTO

- Combate Manual
- Combate Mecánico
- Combate Físico
- Combate Químico Venenos
- Repelentes
- Inhibidores de la Reproducción

CONTROL INDIRECTO

- Manipulación del Ambiente
- Prácticas Culturales
- Instalaciones Adecuadas
- Prácticas Sanitarias
- Uso de Depredadores
- Enemigos Naturales nativos
- Microorganismos

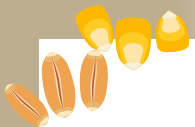
CONTROL BIOLÓGICO

Con base en diferentes Leyes y Reglamentos, se establecen las condiciones y recomendaciones legales, indispensables para efectuar trabajos de Control Biológico sobre plagas y enfermedades que afecten los roedores.

CONTROL MECÁNICO Y CEBADO

Se entiende como Combate Mecánico, el uso o empleo de trampas para reducir el número de roedores; rara vez este método ha resultado eficaz como





elemento principal dentro de los problemas de control; sin embargo, es útil para combatir infestaciones localizadas, monitorearlas y para su identificación. Teniendo en cuenta la carencia de fuentes de trabajo existentes dentro de las zonas rurales y urbanas de muchos países en desarrollo, es recomendable estudiar la posibilidad de organizar centros de adiestramiento en donde el personal sea cuidadosamente entrenado para encargarlo de la supervisión y colocación de trampas, así como la identificación de las capturas realizadas durante un período de control. Este método se ha utilizado principalmente en el combate de ratones pertenecientes al género *Mus*.

El trampeo presenta algunas ventajas que a continuación se mencionan:

1. No son tan peligrosos como los rodenticidas.
2. Permiten el muestreo taxonómico y la cuantificación de la población.
3. Los roedores atrapados pueden ser eliminados sin crear problemas de mal olor.

La trampa más simple y mejor conocida es la llamada de guillotina y resorte, que atrapa al animal matándolo. Este método ha sido el más efectivo y eficiente para la captura de ratones durante años. De la trampa de guillotina se han derivado un gran número de modelos, como las sencillas de madera o de metal y las múltiples, que pueden aprisionar una gran cantidad de animales al mismo tiempo. Para fines de investigación y metodología de población existen otros tipos de trampas, con las cuales se capturan los organismos vivos, como las tipo Sherman plegables o rígidas.

En los trampeos, el cebo es de suma importancia; esto puede consistir en pequeños trozos de tortilla o carne que actúan como presa y sirven principalmente de atrayente.

Estos cebos funcionan mejor aderezados con aceite de diversos cereales.

Otro punto importante que influye sobre el resultado del trampeo, es la posición en que se colocan las trampas, pues en ocasiones se observan que la rata pasó por encima de las trampas mal ubicadas, sin que estas se dispares; en otras ocasiones las trampas por el olor inhiben al roedor y este no se acerca a la presa.

CONTROL FÍSICO

En el control físico las medidas que más se han utilizado para ahuyentar o repeler a los Múridos han sido las barreras eléctricas y de sonidos, que principalmente se han utilizado en instalaciones de almacenamiento de alimentos o sitios en donde no se pone en peligro a las personas y a los animales.

Desgraciadamente después de una amplia investigación su aplicación o uso comercial ha encontrado sólo resultados desalentadores. Los cercados eléctricos son evitados por las ratas y ratones, al identificarlos y establecer experiencia para evadirlas. En cuanto a las barreras sónicas se ha programado la utilización de sonidos biológicos, que se apoyan en señales de alta especificidad; estas señales acústicas están relacionadas con ciertas funciones ecológicas como son: existencia de comida, presencia de depredadores, comportamiento sexual, interrelaciones entre padres e hijos o movimientos de grupo, etc.

Con relación al sonido, se entiende por señales de comunicación de ondas ultrasonoras emitidas por fuentes o patrones de sonido establecido en tiempo y espacio, que han sido producidas por un individuo y que son recibidas por un segundo miembro de la misma especie; sus resultados generalmente influyen en el comportamiento de la colonia e incluye al stress (llamados de desesperación emitidos por las ratas al ser capturadas por una trampa o un depredador). Pocos trabajos de esta naturaleza se han realizado en poblaciones silvestres de ratas, por lo tanto el potencial de utilización de estos sistemas es desconocido hasta la fecha.

Otra medida para controlar a los roedores por medio de la acústica, es el uso del ultrasonido. Sabemos que las ratas producen sonidos ultrasónicos que emplean para comunicar su posición, pero se desconocen las respuestas de alarma a los mismos. Los sonidos ultrasónicos se presentan físicamente en frecuencia de 15 Khz. El hombre oye fisiológicamente cerca de los 20 Khz.

La principal diferencia entre lo audible y el sonido ultrasónico es que éste último presenta la propiedad de ser transmitido en forma direccional, por lo que el hombre no puede detectarlos.

Consecuentemente, el control de Múridos por sonidos parece no ser razonable, pues los campos de sonido de alta intensidad no son prácticos y son muy costosos. Su utilización es extremadamente limitada en áreas por

la distancia que los roedores necesitan recorrer ya que su transmisión es direccional y las vibraciones acústicas no se reflejan alrededor de las esquinas o traspasan materiales sólidos.

CONTROL QUÍMICO

En base al Manejo Integrado, existen en forma directa diversos productos químicos que pueden ser utilizados para la lucha contra las ratas y ratones, los cuales se han denominado, rodenticidas, raticidas, muricidas, etc. Estos productos se han dividido en varios grupos por el tiempo en que se presenta su efecto y el modo como actúan; los venenos de acción rápida o aguda, son empleados generalmente en una sola dosis y los venenos de acción lenta o acumulativa, requieren de varias ingestas para lograr su acción letal al ser alcanzada la dosis letal correspondiente.

El examen de las ventajas e inconvenientes en los grupos mencionados, permite saber donde y cuando es más ventajosa la selección y utilización de los distintos venenos. Los venenos de acción rápida matan en poco tiempo a los roedores; el costo del cebo y de la mano de obra puede ser bajo; sin embargo, la ingesta de dosis subletales puede hacer que los roedores rechacen posteriormente las aplicaciones del cebo.

El empleo de los compuestos crónicos evita el problema de rechazo del cebo, tras la ingesta de dosis subletales, ya que los síntomas de intoxicación aparecen tiempo después de que el roedor alcanza a consumir la dosis letal.

Los raticidas existen y pueden aplicarse en las siguientes formas: cebos, parafinados, polvos, espumas, líquidos o gases.

Los primeros constituyen la aplicación más común; sin embargo, para elegir correctamente el cebo se requiere conocer los hábitos de alimentación de la especie del roedor por tratar, sumado a la acción comparativa obtenida en el laboratorio sobre la aceptabilidad de los distintos alimentos que se utilicen como sustrato. En las regiones donde la escasez de alimentos es grave, hay que evitar la colocación de cebos que puedan atraer la atención de los niños, e incluso se recomienda teñirlos con colores brillantes, para permitir su identificación a manera de precaución.

Los parafinados han tenido mucha aplicación en la industria alimentaria, en donde el arrastre del producto pueda poner en riesgo a la instalación y su sistema de proceso y en donde se encuentren condiciones climáticas con alta humedad, en la que la integridad del cebo sea alterada por ésta condición.

Los polvos se utilizan principalmente para esparcirlos por los senderos donde comúnmente pasan los roedores a fin de que éstos se les adhieran al cuerpo; más tarde, por los hábitos de limpieza de los roedores, el polvo es ingerido y causa la acción letal correspondiente al veneno utilizado. Las espumas constituyen otra forma de aplicación de venenos; su colocación es similar al método anterior; sólo existen reportes de su aplicación en países que pertenecieron al bloque socialista. Los cebos líquidos resultan más adecuados, cuando los roedores disponen de alimentos en abundancia, en especial en las zonas cálidas o en ciertos lugares tales como son bodegas y almacenes, plantas de mezclado o producción de alimento, etc.

Los gases son de aplicación peligrosa, pues el control de las fumigaciones es de reducido valor, debido a que las instalaciones no son construidas para recibir dichos tratamientos en forma que permitan la utilización y manejo de gases de manera segura.

VENENOS DE ACCIÓN CRÓNICA

En vista de las serias dificultades existentes tanto en el uso adecuado y en el manejo comercial de los rodenticidas agudos, los anticoagulantes constituyen en la actualidad los tipos de venenos elegidos para sustituirlos en el control de roedores comensales en áreas rurales y urbanas. Esta selección es debida a la combinación de efectividad y seguridad, así como que éstos son rápidamente aceptados por los roedores cuando se incluyen en bajas concentraciones dentro de los cebos de acción acumulativa que son administrados durante varios días.

La acción que efectúan éstos tóxicos es la de interferir a los elementos o factores de la coagulación, que propician como resultado final la muerte del organismo, causada por hemorragias internas por fragilidad capilar; la aparición de los síntomas es lenta, dando tiempo para que en caso de intoxicación se administre vitamina K1, que es el antídoto específico o también, la transfusión sanguínea para recuperar el cuadro hematológico.

Cuando se combaten roedores comensales en almacenes o instalaciones con anticoagulantes, es necesario mantener áreas con comederos que contengan veneno suficiente cuyo consumo sea evaluado por aceptabilidad hasta que se note el cese de roedores y se evite la invasión de nuevas poblaciones de ratas, antes de que se presente la época de reproducción que propicie el establecimiento de nuevas colonias.

PRINCIPALES ESPECIES DE ROEDORES PRESENTES EN ALMACENES DE GRANOS.



<http://www.keyword-suggestions.com/bXVzIG11c2N1bHVz/>

Mus musculus (Ratón doméstico, ratón casero o ratón común.)



<http://www.keyword-suggestions.com/bXVzIG11c2N1bHVz/>



<http://www.desur.com/rata-parada-rattus-norvegicus/>

Tattus norvegicus (Rata parda, rata de alcantarilla, rata gris o rata noruega.)



http://calphotos.berkeley.edu/imgs/512x768/0091_3183/0918/0096.jpeg



<https://www.bing.com/images/search?q=rattus+rattus&FORM=HDRSC2#!?q=rattus+rattus&view>

Rattus (Rata negra, rata de barco o rata del tejado.)



<http://www.strathearnpestcontrol.co.uk/wp-content/uploads/newrat.jpeg>

Bibliografía

Arias, C. 1993. Manual de manejo poscosecha de granos a nivel rural. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Oficina Regional de la FAO para América Latina y El Caribe. Santiago, Chile. <http://www.fao.org/docrep/x5027s/x5027S00.htm#Contents>

Donald J. Elias 1984. Roedores como plagas de productos almacenados; control y manejo. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Oficina Regional de la FAO para América Latina y El Caribe. Santiago, Chile. <http://www.fao.org/docrep/x5052s/x5052S00.HTM>

Owens, J. M. y Corrigan, R. M. 1996. Guía científica de Truman para operaciones de control de plagas. Universidad de Purdue. 510 páginas

Sánchez, N. F. e Ituarte, S. R. 1981. Roedores y lagomorfos (ed.). Talleres de Larios e Hijos Impresores, S. A., México. 247 pp.

El campo mexicano
tiene un gran potencial.

Y su mejor momento,
ha llegado.



MÉXICO ALIMENTARIA 2016 FOOD SHOW

Te invita al encuentro de negocios agroalimentarios más importante de América Latina que reúne a empresas líderes del Sector Agroalimentario, Asociaciones Agropecuarias, Instituciones Públicas, Sector Financiero, Gobiernos Estatales y la participación de 120 compradores de 32 países para promover y fomentar las conexiones de negocios del gran potencial agroalimentario mexicano, que se consolida cada vez más en todo el mundo.

Asiste, descubre todo el potencial de tu agroempresa y **haz negocios.**

#MéxicoSiembraÉxito

SAGARPA
SECRETARÍA DE AGRICULTURA,
GANADERÍA, DESARROLLO RURAL,
PECUARIO Y ALIMENTACIÓN



- ▶ Mesas de negocio
- ▶ Seminarios
- ▶ Pabellones temáticos
- ▶ Exhibición de agroinsumos, ganadería, maquinaria y tecnología
- ▶ Talleres de emprendedores

Del 8 al 10 de diciembre en el Centro Banamex e infield del Hipódromo de las Américas.

www.mexicoalimentaria.mx

[f](#) MexicoAlimentaria [t](#) @MxAlimentaria



PRO MEXICO





**MOVER
MÉXICO**