

CONTROL QUÍMICO DE PLAGAS EN GRANOS ALMACENADOS *

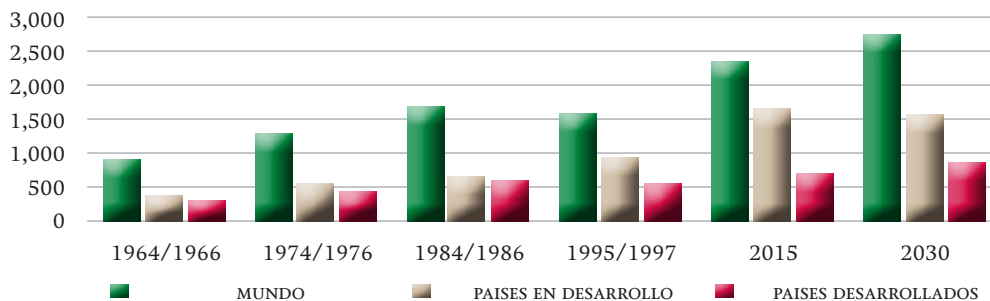


I Introducción

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.

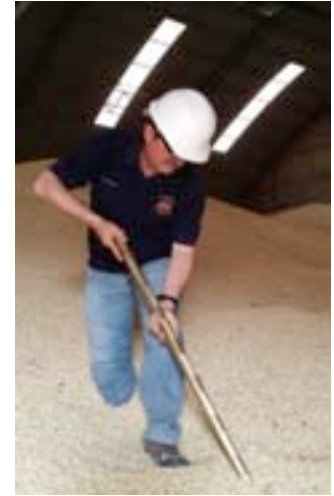
La forma más común de detectar la presencia de plaga en los granos es mediante la toma de muestras, ya sea durante el acopio o con muestreos periódicos durante el periodo de almacenamiento.



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 (CO₂), 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

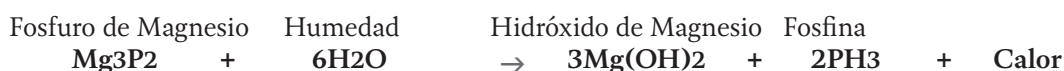
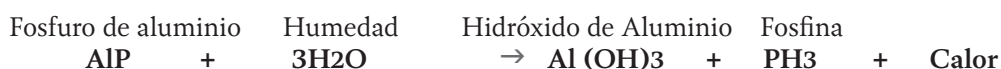
V Fumigación de granos con fosfuros

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.

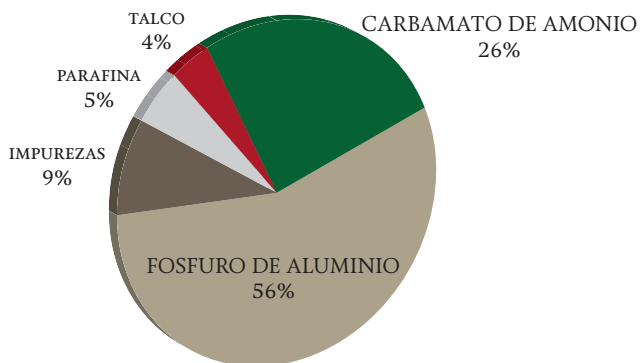


5.1 Presentación del fosforo de aluminio.

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

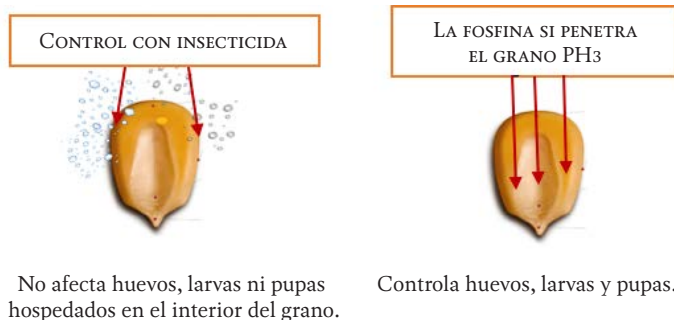
Un gramo de fosfina (PH₃) corresponde aproximadamente a 718.3 ppm de gas, lo cual es clave para los cálculos de dosis y medición de concentraciones.



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.

C 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.