

Almacenamiento y acondicionamiento de trigo

La poscosecha de granos es una etapa esencial de la cadena productiva de cereales y oleaginosas que comprende su almacenaje, transporte y acondicionamiento posterior a la cosecha y previo a su industrialización y uso final. Una adecuada conservación es esencial ya que el deterioro durante el almacenaje puede ser muy rápido debido a los efectos de la respiración de los propios granos y, principalmente, al desarrollo de hongos e insectos que proliferan fácilmente al encontrarse con condiciones óptimas de humedad y temperatura.

Por: Ing. Agr. (Ph.D.) Ricardo Bartosik^{1, 2}; Lic. (M.Sc.) Bernadette Abadía¹; Ing. Agr. Leandro Cardoso¹; Ing. Agr. (M.Sc.) Diego de la Torre¹; Lic. Gisele Maciel².

¹EEA INTA Balcarce
²CONICET

1- Principales problemáticas del trigo en la poscosecha

En líneas generales se pueden identificar tres problemáticas distintivas de la poscosecha del trigo: 1) necesidad de segregar por calidad; 2) inocuidad (residuos de insecticidas y presencia de micotoxinas; y 3) efecto del secado sobre la calidad. La comprensión de los fundamentos de estas tres problemáticas es crítica para garantizar un adecuado tratamiento en la poscosecha y garantizar el éxito en su comercialización y procesamiento en alimentos. En las siguientes secciones se abordan los conceptos teórico-prácticos necesarios para implementar un programa de Buenas Prácticas en la Poscosecha de trigo, haciendo especial énfasis en los tres ejes mencionados.

2- Almacenamiento

2.1- Actividad microbiana

Los hongos que crecen con mayor frecuencia en el campo, tales como *Fusarium*, *Cladosporium* y *Alternaria* son sustituidos en el almacenamiento por especies que se adaptan a condiciones más xerófilas como *Penicillium* y *Aspergillus spp.* Los hongos también pueden reducir la viabilidad de los granos así como causar su decoloración y manchas (Navarro y Noyes, 2001). Los hongos que se desarrollan durante el almacenamiento son los principales responsables de las pérdidas de calidad de granos durante la poscosecha. Al contrario de los insectos, que son la segunda causa de pérdidas en la poscosecha, no puede evitarse la presencia de hongos en el granel (implicaría una esterilización de la mercadería). La única forma de reducir los daños que pueden ocasionar es generando condiciones del ambiente intergranario desfavorables para su desarrollo.

La temperatura no es un factor estrictamente limitante para la proliferación de hongos, ya que su rango de desarrollo es muy amplio e inclusive logran hacerlo a temperaturas por debajo de los 0 °C (aunque a bajas temperaturas la tasa de crecimiento es mucho menor). En cambio, la condición que realmente limita el desarrollo de microorganismos es la humedad relativa (HR) del espacio intergranario. Dicha tabla muestra que la HR mínima que se requiere para la germinación de esporas de hongos es de 71%, implicando que una HR inferior evitaría el desarrollo de hongos y el consecuente deterioro del grano. **Por lo tanto, se define como condición de almacenamiento segura a aquella cuya HR del espacio intergranario es menor a 67%** (ligeramente menor a 71% para mantener un margen de seguridad). La HR intergranaria está íntimamente relacionada con el contenido de humedad del grano y en menor medida con la temperatura del ambiente intergranario. La humedad relativa de equilibrio (HRE) determina la máxima presión de vapor del aire intersticial (HR) que puede ser alcanzada dado una cierta humedad y temperatura de los granos almacenados. Entonces, el contenido de humedad de almacenamiento segura (CHAS) de cualquier grano es aquel que se equilibra con una HR del aire en el espacio intergranario igual o menor a 67% (Figura 2).

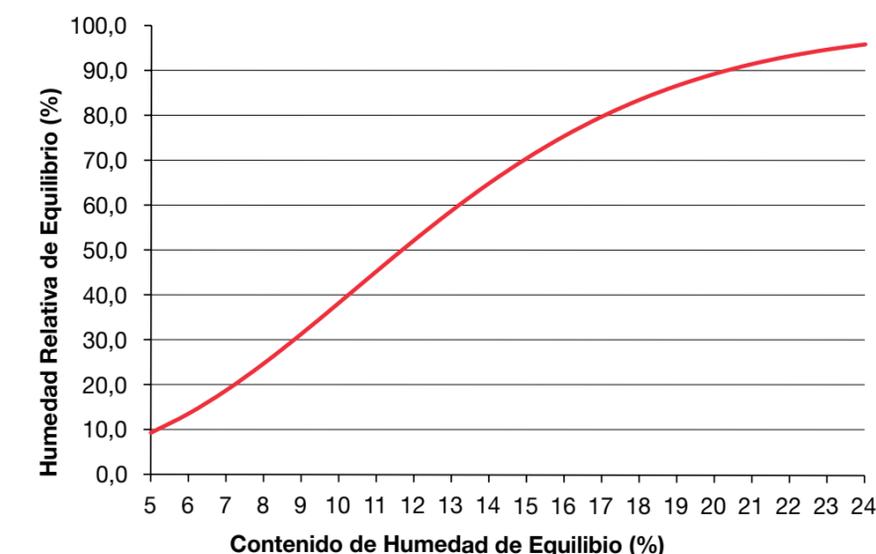
2.2 - Contenido de humedad de equilibrio de los granos

El contenido de humedad de equilibrio (CHE) puede ser definido como la humedad a la cual la presión de vapor interna del grano está en equilibrio con la presión de vapor del ambiente (HR del ambiente intergranario). Por lo tanto, el CHE determina la humedad a la que un grano puede ser secado bajo condiciones particulares de HR y temperatura del aire de secado.

En la Figura 1 se grafica la relación de equilibrio aire-grano para trigo a 20°C, donde se observa que a medida que la HRE del aire aumenta también aumenta la humedad del grano. Por una parte, desde el punto de vista práctico, la implicancia es que si el trigo almacenado es aireado con una condición del aire de 20 °C y 60% de HR, entonces tenderá a secarse hasta 13% aproximadamente, mientras que si es aireado con aire a 65%, se equilibrará a 14% de humedad, y si es expuesto a 80% de HR, el trigo se equilibrará a 17% de humedad. Por otra parte, la relación de la Figura 1 también nos indica cuál sería la HR del espacio intergranario para diferentes humedades de almacenamiento del grano. Por ejemplo, si el trigo es almacenado con una humedad de 12%, la HR del espacio intergranario será de 50%, mientras que si es almacenado con 14%, la HR será de 65-70% y si es almacenado con 17%, la HR será de 80%. Esto tiene importantes implicancias desde el punto de vista del desarrollo de hongos tal como se discutió en la sección anterior. Es importante destacar que diferentes variedades pueden tener curvas de contenido de humedad de equilibrio diferentes, especialmente si existe variabilidad en el contenido de aceites, aunque este efecto es mucho más marcado en otros tipos de granos (ej. girasol).

La Figura 2 muestra la humedad de almacenamiento segura para diferentes temperaturas. Como se puede apreciar, a medida que aumenta la temperatura de almacenamiento la humedad a la que se debe almacenar el grano para evitar el desarrollo de hongos es cada vez menor. Esto es porque, para una misma humedad del grano, a medida que aumenta la temperatura, la humedad relativa de equilibrio es cada vez mayor. Desde el punto de vista práctico la figura indica que almacenar trigo a 14% de humedad a una temperatura inferior a 30°C es seguro.

Figura 1. Contenido de humedad de equilibrio de trigo (isoterma de 20°C).



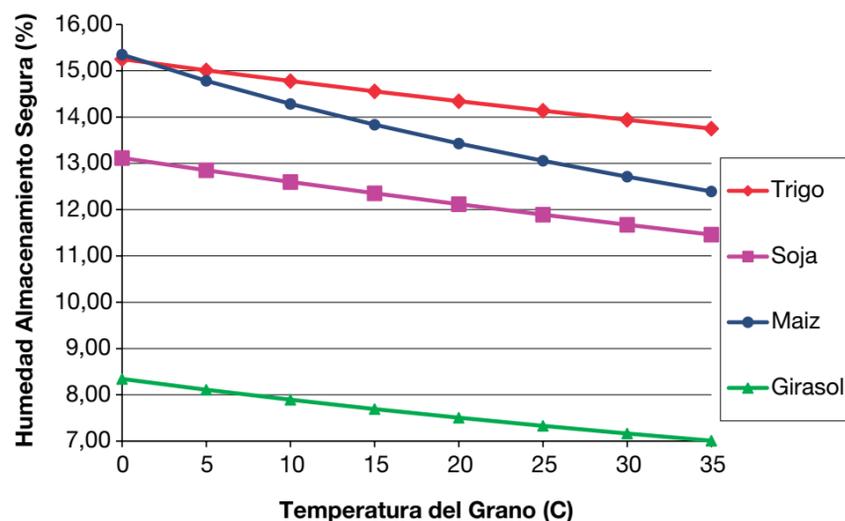


Figura 2. Humedad de almacenamiento segura de diferentes granos para rango de temperatura entre 0 y 35 °C (fuente: ASAE, 2001)

Una tecnología fundamental para monitorear las condiciones de almacenamiento de los granos es la termometría. La medición periódica de la temperatura durante el almacenamiento permitirá detectar a tiempo incrementos de temperatura y corregirlos mediante aireación, evitando daños en la mercadería.

3 - Aireación

El proceso de aireación consiste en el movimiento forzado de aire ambiente a través de la masa de granos. La aireación es una técnica fundamental para mantener la calidad de los granos durante su almacenamiento dado que permite:

- 1) mantener lo más baja posible la temperatura del granal. El proceso de aireación limita el desarrollo de los insectos, dado que reduce su actividad metabólica. Asimismo, reduce la actividad metabólica de los hongos y de los propios granos, favoreciendo el almacenamiento prolongado;
- 2) mantener uniforme la temperatura del granal. La aireación limita el desarrollo de hongos e insectos debidos a la formación de focos localizados de humedad en el granal. La aparición de dichos focos localizados se debe a los movimientos convectivos de aire que ocurren con los cambios estacionales de temperatura y radiación

solar. Esto favorece la actividad de hongos e insectos en sectores específicos del granal (aunque también los focos de calentamiento pueden ser consecuencia de dicha actividad);

3) con adecuado caudal de aire y durante un tiempo relativamente prolongado de funcionamiento de la aireación se puede secar algunos puntos de humedad. Es importante destacar que el secado de trigo con aire natural es más dificultoso que en otros granos, como girasol o soja.

3.1- Manejo de la aireación

Si se almacena trigo a 14%, la actividad biológica resultante será baja, por lo que no sería esperable que el grano tenga tendencia a calentarse durante el almacenamiento. En tal sentido, el principal objetivo de la aireación de grano seco es evitar o minimizar el riesgo de desarrollo de insectos. Existe una estrecha relación entre la temperatura de la masa de granos y la actividad de los insectos. Entre 25 y 33°C los insectos plagas de granos almacenados están en el rango óptimo de desarrollo, entre 17 y 25°C en el rango sub-óptimo, y por debajo de 17°C la mayoría de los insectos interrumpen su desarrollo (no implica control de la población, solo detención del desarrollo).

El principal objetivo debería ser mantener los granos a una temperatura inferior a 25 °C, fuera del rango óptimo de desarrollo de insectos y, de ser posible, por debajo de los 17 °C. Por debajo de esta temperatura la mayoría de los insectos no logran reproducirse y se interrumpe el crecimiento de la población, por lo que dejan de causar daño. Sin embargo esta no es una medida de control, ya que para matar insectos la temperatura debería llegar a -5°C. Sin embargo al mantener los granos por debajo de 17 °C, además de controlar su desarrollo, se prolonga el efecto de protección de los insecticidas residuales y se reduce además la actividad de los hongos.

Para lograr este objetivo la aireación de granos se maneja por ciclo (p. ej. tiempo que se tarda en pasar el frente de enfriado a través de toda la masa de granos). Dependiendo del caudal de aire, el ciclo de aireación puede tardar entre 100 y 200 horas de funcionamiento del ventilador. Se recomienda establecer para cada ciclo una temperatura límite de funcionamiento del ventilador, la cual debe estar en relación con las condiciones climáticas de la localidad y con la estación del año. Para el caso del trigo, teniendo en cuenta que se cosecha a principios del verano, lo ideal sería mantener la temperatura del cereal por debajo de 25°C de diciembre a marzo



OKANDU

Del conocimiento a la producción

General Paz 476 – (2589) Monte Buey - Córdoba
T: 03467-471407 - www.okandu.com.ar

Servicios profesionales para el agro.

Ensayos en macro y microparcels.

Ensayos regulados.

LÍNEA SOJA



UNICOS CON CONTROL OFICIAL

LA ECUACIÓN PARA GANAR



CO-INOCULACIÓN

Tecnología Biológica de acción múltiple

- ▶ CKC Liquid
- ▶ RHIZOFLO premium soja y legumbres



Poder erradicante en mancha ojo de rana.

- ▶ CKC SOJA Liquid
- ▶ DANJIRISI Triple protección fungicida



Mayor espectro de control de hongos de suelo y aporte de nitrógeno.

- ▶ CKC SOJA Liquid
- ▶ CKC FLOW SYSTEMIC
- ▶ CKC METALAXIL



Tratamiento de semillas de soja sistémico y de contacto.

- ▶ CKC SOJA Liquid
- ▶ CKC FLOW SYSTEMIC



Laboratorios CKC Argentina S.A.
Administración y Ventas: Montesquieu 520 (C1437FCF) C.A.B.A.
Tel/Fax.: (011) 4941-5777 e-mail: ckc@ckc.com.ar
Depósito Central: Av. Amancio Alcorta 2655 (C1437HTB) C.A.B.A.
Planta Industrial: Parque de Innovación Tecnológica INTA Castelar
www.ckc.com.ar

Figura 3. Efecto del secado a alta temperatura sobre la calidad panadera de trigo, con diferentes niveles de daño. De izquierda a derecha: secado con 100% de daño, secado con 50% de daño, secado con 25% de daño, secado sin daño y testigo sin secar a alta temperatura. Fuente: INTA



(primer ciclo de aireación). En marzo se podría realizar un segundo ciclo y enfriarlo a menos de 17°C y, si se prolonga el almacenamiento, en los meses más fríos (junio-agostos) se podría realizar un tercer ciclo hasta bajar la temperatura a menos de 10°C. Teniendo en cuenta que el ventilador debería funcionar un 30-40% del tiempo, implica que cada ciclo de aireación se deberá cumplir en aproximadamente un mes de tiempo. Una vez que se logró enfriar el grano se debe sellar la boca del ventilador y mantener el trigo frío durante el resto del almacenamiento.

En caso de almacenar trigo húmedo, la actividad biológica tenderá a calentar la mercadería. Para evitar el calentamiento se deberá utilizar aireación con frecuencia para mantener la temperatura en valores normales. Posiblemente se deberá seguir utilizando aireación de manera más o menos agresiva hasta que se logre secar la mercadería.

A través de los sucesivos ciclos de aireación la humedad puede bajar (a razón de 0,2 a 0,5 °C por ciclo), por lo que en tres ciclos de aireación la humedad puede bajar 0,5 a 1%. El sobresecado de los granos puede ser más importante cuanto más horas funciona el ventilador. Por ello, es importante ser muy eficiente en el uso de la aireación, no solo para consumir menos energía sino también para evitar sobresecados excesivos. La mejor forma de evitar el sobresecado es instalar un controlador automático de aireación para aprovechar al máximo las mejores horas (las más frías).

En el Manual de Buenas Prácticas en Poscosecha de Granos se detalla cómo implementar una estrategia de aireación de acuerdo al tipo de grano y localidad (Abadía y Bartosik, 2013).

3.2 - Refrigeración artificial

En regiones geográficas o estaciones del año excesivamente calurosas, puede resultar muy difícil e incluso imposible enfriar los granos a una temperatura inferior a 17°C por medio de aireación con aire ambiente. En Argentina, por ejemplo, esta situación se presenta en la zona centro-norte del país durante gran parte del año y también en otras regiones durante la época estival.

En estos casos, se debe recurrir a la refrigeración artificial de los granos para enfriarlos. Esta tecnología permite enfriar los granos por medio de equipos frigoríficos a expensas de un consumo eléctrico. Estos equipos acondicionan artificialmente el aire ambiente entregándolo al granel a una temperatura inferior a la ambiental. Algunos de ellos permiten además controlar el contenido de humedad del aire, para insuflarlo al silo en condiciones de equilibrio higroscópico con el grano, evitando así el sobre secado o el rehumedecimiento.

En la actualidad, existe una gran variedad de equipos en el mercado con diferentes capacidades de refrigeración. La capacidad de refrigeración del equipo debe estar respaldada por una instalación eléctrica adecuada y se debe tener en cuenta que el consumo eléctrico aumentará cuanto mayor sea la temperatura ambiente, cuanto menor sea la temperatura final del grano y cuando el grano esté seco. Ensayos realizados por INTA han estimado consumos de energía de 2,6 a 4,1 kWh por tonelada.

4 - Secado

El objetivo principal del secado es reducir la humedad de cosecha de granos y semillas hasta la Humedad de Almacenamiento Seguro, para lograr una adecuada conservación. Adicionalmente, el secado permite reducir la humedad de cosecha de los granos hasta el nivel establecido en las normas de comercialización (humedad de recibo).

La calidad final del grano puede verse afectada por múltiples parámetros del proceso de secado: temperatura excesiva del grano dentro de la secadora, tiempo de exposición demasiado prolongado a la alta temperatura, elevada tasa de secado y/o elevada tasa de enfriamiento (enfriado rápido). El tipo de daño a la calidad dependerá del grano y de uso final. En el caso particular del trigo el parámetro a considerar es la calidad panadera. El exceso de temperatura daña las proteínas del gluten a través de un proceso de desnaturalización, el cual es irreversible (Figura 3). Si bien la temperatura a la cual se daña el gluten puede variar con la humedad y la variedad, en líneas generales se recomienda

que la temperatura del grano dentro de la secadora nunca supere los 43 °C. Desde el punto de vista práctico la mejor manera para asegurarse que no se está excediendo la temperatura crítica es regulando la temperatura de trabajo de la secadora, la cual no debería superar los 45 °C (temperatura de aire caliente).

5 - Control de plagas

La actividad de los insectos influye negativamente sobre la calidad de los granos almacenados, por múltiples razones:

En Argentina está prohibido comercializar y exportar granos con insectos vivos.

Afecta la calidad comercial del grano. Al alimentarse directamente del grano, los insectos causan reducción de peso y aumentan el porcentaje de granos dañados. Además, los restos de insectos muertos, telas y deyecciones aumentan el porcentaje de materias extrañas en el granel. Asimismo, los insectos pueden afectar algunas características relevantes del producto, por ejemplo, disminuir el poder germinativo de las semillas, entre otros.

Las infestaciones por insectos generan condiciones propicias para el ataque de hongos.

La utilización de productos químicos para el control de los insectos pone en riesgo la inocuidad del grano si se exceden los límites máximos de residuos.

Las consecuencias van entonces desde impedimentos comerciales hasta severas pérdidas de calidad en grandes masas de granos. La clave para proteger los granos del ataque de estas plagas es la incorporación de un enfoque de Control Integrado de Insectos. Este enfoque utiliza diferentes estrategias y prácticas de control para limitar el daño de los insectos de la forma más económica posible, al mismo tiempo que preserva la inocuidad del grano y minimiza el impacto ambiental. En ese contexto, se busca reducir al mínimo la utilización de insecticidas.

El Control Integrado de Insectos está conformado por estrategias orientadas a:

- 1) Prevenir la aparición de la plaga.
- 2) Monitorear e identificar la plaga.
- 3) Controlar la plaga evaluando las alternativas más adecuadas.

En líneas generales, la prevención de los insectos plaga de granos almacenados se basa fundamentalmente en la limpieza de la planta, el tratamiento de las instalaciones vacías con insecticidas antes de recibir la nueva cosecha y el enfriamiento de los granos por medio de aireación o refrigeración. Para períodos largos de almacenamiento pueden utilizarse en forma

CON UN BUEN SOCIO TODO ES MEJOR.

CUBO® EL COMPLEMENTO IDEAL DEL FUNGICIDA.



Cubo® es un Fitostimulante Premium. Una fórmula equilibrada que contiene fosfitos de cobre, boro, fósforo, nitrógeno y 11 aminoácidos. Además reemplaza el uso de aceites y correctores de agua en su aplicación junto al fungicida.


spraytec®
Una vez... siempre.

www.spraytecfertilizantes.com

complementaria insecticidas preventivos para proteger al grano apenas se almacena, con el objetivo de reducir la necesidad posterior de la utilización de estos químicos.

Dadas las restricciones que se le aplican al trigo relacionado a los productos panificables de consumo humano directo y los límites máximos de residuos de diferentes principios activos, siempre hay que trabajar en función de la cadena para establecer cuáles son los productos permitidos, más allá de lo que está habilitado para su uso por SENASA.

5.1 - Prevenir la infestación

Las tareas de prevención de insectos son la clave para evitar la infestación y las aplicaciones de insecticidas. Por lo tanto, la prevención debe realizarse de forma sostenida en el tiempo: antes, durante y después de la llegada del grano al depósito.

5.1.1 - Antes del ingreso de la mercadería

La principal medida preventiva antes del llenado de los recintos es la limpieza. En particular, se recomienda realizar los siguientes procedimientos entre dos y tres semanas antes de la llegada del grano al depósito.

Limpiar la cosechadora, camiones, vagones, tolvas y sinfines antes de cosechar para remover restos de granos que pudieran estar infestados. Utilizar cepillos, escobas y aspiradoras.

Limpiar los silos y celdas vacíos, incluyendo paredes, techos, vigas y tirantes, removiendo los restos de granos. Utilizar cepillos, escobas y aspiradoras. Remover posibles incrustaciones de granos de las paredes de silos y celdas.

Limpiar los restos de granos de los ventiladores y los ductos de aireación. Si el silo posee piso perforado, también retirar los restos de granos que se encuentran por debajo de este.

En lo posible remover los granos que se encuentran en los amortiguadores de caída por gravedad. Lo ideal sería promover entre los fabricantes de silos y amortiguadores una mayor accesibilidad a los amortiguadores y su facilidad de limpieza.

Limpiar los pozos de noria, túneles, plataforma de descarga hidráulica, canaletas y desagües pluviales.

Limpiar los restos de grano que se encuentren en las inmediaciones de los silos. Esto ayudará a que los insectos presentes en el grano infestado en el exterior no ingresen al interior del silo. Se recomienda que el piso lindante al silo sea de material (no de tierra) liso y sin rajaduras para facilitar la limpieza y evitar que insectos y roedores lo utilicen como refugio.

Colocar barreras físicas para excluir a los insectos. Puede utilizarse mallas de entramado pequeño para cubrir las bocas de los ventiladores y, si fuera necesario, en el espacio abierto que queda entre la pared del silo y el techo. Colocar la tapa de los

ventiladores cuando no están funcionando.

Mantener el área cercana a los silos libre de vegetación, ya que el pasto actúa como refugio de insectos y de roedores. Utilizar un herbicida para eliminar la vegetación en la zona más próxima al silo.

Para eliminar los insectos que puedan haber quedado en zonas de difícil acceso a la limpieza, rociar el interior del silo incluyendo las paredes (hasta unos 5 metros de altura), las vigas, los tirantes y el piso con un insecticida residual al punto de escurrimiento (es decir, que "chorree"). También puede hacerse una aspersión en la parte interna superior y en el techo desde la puerta de inspección, previa limpieza.

Otra práctica recomendable para este tipo de tratamientos en las instalaciones es la nebulización en frío. Este sistema posee dos ventajas sustanciales sobre una aspersión convencional: una es el tamaño de gota que, por ser mucho más pequeño, a igual volumen de producto cubre más superficie; la segunda es que el tamaño de la gota evita la necesidad de chorrear, minimizando así la acción corrosiva de los insecticidas sobre todo en paredes metálicas.

En el exterior, rociar la base, las paredes (hasta 1 metro de altura), las bocas de los ventiladores y el suelo que rodea la base con el mismo producto que en el interior.

Si el silo posee piso perforado y se planea almacenar grano dentro de este por un período prolongado, fumigar la zona que se

encuentra debajo del piso perforado con fosforo de aluminio, cubriendo el piso con una lámina de polietileno (de este modo se calculará la dosis de fosforo metálico solo para el volumen que se encuentra debajo del piso; de lo contrario, se debería calcular una dosis para todo el volumen del recinto).

Evitar agregar grano recién cosechado sobre el grano que se encuentra almacenado en el silo, ya que el grano almacenado puede actuar como fuente de infestación. De no ser posible, fumigar el silo con fosforo de aluminio (encarpando) y asegurarse de que esté libre de insectos antes de agregar nuevo grano.

Colocar trampas de insectos para verificar la efectividad del tratamiento de limpieza y desinfestación, tanto en el interior como en el exterior de los recintos.

Adicionalmente, se recomienda realizar la limpieza del grano antes de cargarlo al silo para reducir la concentración de material fino en el granel, por dos razones. La primera es que el material fino es la fuente de alimento preferida por los insectos, dado que es más fácilmente atacable que el grano entero. La segunda es que el material fino dificulta el pasaje del aire durante la aireación y retrasa el enfriado, aumentando el riesgo de infestación por insectos.

5.1.2 - Durante el llenado del depósito

Si se planea almacenar el grano por un lapso prolongado, pueden aplicarse insecticidas preventivos en la mercadería, también llamados "protectores de grano". Estos productos matan a los insectos cuando se alimentan o caminan por el granel y ofrecen una protección prolongada del grano durante el almacenamiento, gracias a su poder residual.

Los principios activos que se aplican directamente sobre el grano son los mismos que se utilizan para instalaciones vacías, aunque varían las dosis y los métodos de aplicación.

Existen algunos recaudos para tener en cuenta para la aplicación de los protectores de grano en cuanto a la temperatura y la humedad (ya que la degradación de estos principios activos se produce por hidrólisis):

Mantener los granos fríos aumenta el período de protección, dado que el poder residual de estos insecticidas disminuye al aumentar la temperatura. Así, la efectividad del producto mejora con la aireación o refrigeración del silo.

Los protectores de grano no deben aplicarse previo al secado en secadora de alta temperatura dado que el calor elevado producirá la rápida volatilización del principio activo y reducirá el poder residual.

Los protectores de grano deben aplicarse sobre grano seco (humedad de recibo o inferior). Aplicados sobre grano húmedo se

degradan rápidamente.

También, se recomienda la aplicación de fosforo de aluminio (fosfina) al ingreso de mercadería si hay una infestación evidente o bien se sospecha de infestación oculta.

5.1.3 - Después del llenado del silo

Una vez que el grano ingresó en el silo, la medida de prevención de insectos más importante es el enfriado por medio de aireación o refrigeración. El fundamento de esta medida radica en que la mayoría de los insectos de granos almacenados son principalmente de origen tropical y subtropical y, en consecuencia, no pueden desarrollarse adecuadamente por debajo de los 17 °C.

No obstante, debe tenerse en cuenta que la aireación no constituye un método de control 100% efectivo, puesto que algunas de estas plagas son tolerantes al frío. Por ejemplo, los gorgojos son todavía activos a 15 °C y los ácaros a 5 °C.

Para optimizar el proceso de aireación, se recomienda practicar el descorazonado del silo o bien el desparramado del material fino. Estos procesos aportan un doble beneficio: evitan la acumulación de finos en la zona central (o corazón) del silo y ayudan a nivelar la superficie del granel, reduciendo la resistencia al paso del aire y mejorando la distribución del aire en toda la superficie. Por el mismo motivo, debe evitarse el sobrellenado del silo, lo cual permitirá además realizar un correcto monitoreo de los insectos.

En forma alternativa, algunos insecticidas pueden aplicarse sobre la superficie del granel una vez que el silo está lleno (método de "top-dress").

5.1.3.1 Principios activos registrados en Argentina y clasificación

Desde el punto de vista de los fines prácticos, los insecticidas de granos almacenados pueden dividirse en tres grupos: preventivos, curativos y de rápida acción. Para los fines preventivos se utilizan insecticidas residuales líquidos o en polvo, capaces de evitar una infestación por un tiempo prolongado después de su aplicación. Estos se aplican sobre las instalaciones vacías antes de recibir el grano o bien sobre el grano mismo cuando se encuentra en movimiento. Los insecticidas líquidos o en polvo controlan insectos adultos y algunas fases juveniles, pero son incapaces de eliminar los estadios que se desarrollan en el interior del grano. Consultar en Senasa la lista de principios activos registrados para su utilización en granos almacenados en Argentina.

5.1.3.2 Consideraciones sobre el uso de insecticidas químicos

Para fines curativos (esto es, controlar plagas ya instaladas) se utiliza principalmente la fosfina, un insecticida que actúa en forma de gas fumigante. La fosfina es capaz

de eliminar todos los estadios de desarrollo del insecto, incluso los huevos y las larvas alojados en el interior de los granos, pero no ofrece protección posterior porque carece de residualidad. Si bien esto último en principio es una desventaja, respecto del control de insectos en trigo constituye una ventaja ya que no deja residuos en el grano. La fumigación con fosfina se aborda en detalle en la sección siguiente.

Cabe destacar que no todos los insecticidas son efectivos contra todas las plagas y de allí que resulte muy importante la tarea de identificación de los insectos presentes. Por ejemplo, el taladrillo de los granos (*Rhyzopertha dominica*) debe ser controlado con piretroides pues es resistente a los organofosforados; en cambio, los organofosforados son más efectivos para el control de los gorgojos (*Sitophilus* spp). En caso de una infestación con ambas especies se debe utilizar una formulación que combine los dos tipos de insecticidas.

Como insecticida de rápida acción, en Argentina suele utilizarse el DDVP. Debido a su elevada presión de vapor, el DDVP es capaz de controlar los insectos adultos en poco tiempo (volteo rápido), pero no controla aquellos estadios que se desarrollan en el interior del grano; por lo tanto, de existir huevos y larvas dentro de los granos se reanuda la infestación al cabo de algunos días. Su poder residual es escaso, en el orden de pocos días.

En Argentina, es usual que se realice la aplicación de DDVP a la carga del transporte cuando se despacha la mercadería con el objetivo de lograr una rápida mortandad de los insectos adultos y así evitar los rechazos en destino. No obstante, esta práctica se debe evitar por las siguientes razones:

En algunas provincias argentinas está prohibida la aplicación de cualquier sustancia fitosanitaria a la carga del camión (tanto líquidos, como sólidos y fumigantes).

Una aplicación de DDVP improvisada y a último momento puede conducir a que no se cumpla el período de reentrada o el período de carencia. Nótese que en los marbetes comerciales se indica un período de carencia de entre 20 y 30 días para el rango de dosis normalmente utilizadas. Esto implica que un lote tratado con DDVP recién puede liberarse para el consumo entre 20 y 30 días después de la aplicación.

El DDVP es un insecticida registrado en Argentina (posee un LMR de 5 mg/kg), pero prohibido en otros países, por ejemplo en la Unión Europea. Para evitar el rechazo de la mercadería en tales destinos, se debe evitar la utilización de este principio activo en toda la etapa de poscosecha.

Planifique la aplicación de insecticidas (líquidos, sólidos y fumigantes) con suficiente anticipación al despacho de la mercadería. Solo así evitará problemas de insectos vivos, residuos e intoxicaciones



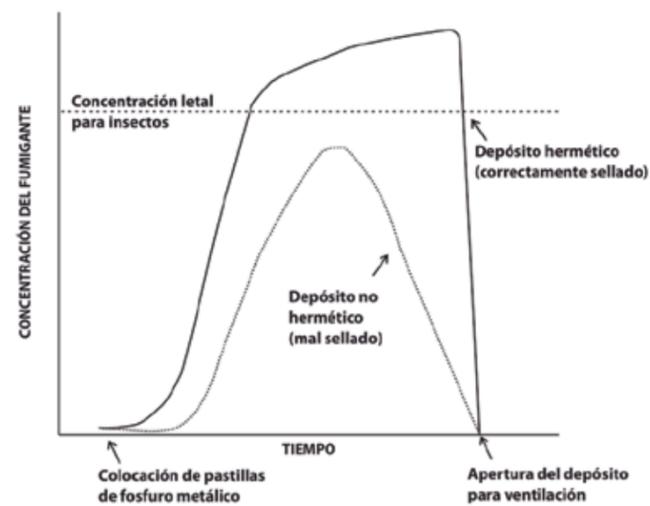


Figura 4. Evolución de la concentración de fumigante en el tiempo en un depósito hermético y en otro no hermético.



5.1.3.3 Fumigación con fosfina

El fumigante más utilizado en la actualidad para el control de plagas en granos almacenados es la fosfina. La fosfina se aplica normalmente como fosforo de aluminio que se vende comercialmente con el formato de pastillas. El fosforo de aluminio reacciona con la humedad del aire intergranario y libera el gas fosfina. La fosfina es un gas letal para los insectos, capaz de eliminar todos sus estadios de desarrollo, incluso los de las plagas primarias, ya que difunde hacia el interior del grano. Como se profundizará luego, el éxito del tratamiento con fosfina depende de la hermeticidad del recinto y del tiempo de exposición. Por una parte, la fosfina no posee poder residual, de modo que no ofrece protección posterior. Por otra parte, este gas no afecta el poder germinativo de las semillas.

Una fumigación con fosfina solo puede ser realizada por personal habilitado para tal fin debido a los riesgos que conlleva el procedimiento. La fosfina es también altamente tóxica para los roedores y otros animales por lo que hay que tener mucho cuidado con su uso para no afectar poblaciones que no sean objetivo de control. Además, es corrosivo de los metales blandos y puede encenderse espontáneamente en el aire a concentraciones superiores a 18000 ppm. Antes de manipular fosfina se debe leer atentamente las recomendaciones de la etiqueta del envase y la Hoja de Seguridad.

5.1.3.4 - Claves para una fumigación exitosa: hermeticidad y dosificación

Como regla general, en Argentina se recomienda una concentración mínima efectiva de

200 ppm de fosfina durante por lo menos

5 días dentro de la estructura de almacenamiento (ya sea silos, celdas, silo bolsas, etc.) para eliminar adultos, huevos y larvas de insectos. Pero, ¿cómo lograr esa concentración?

La clave radica en dos factores muy importantes: la hermeticidad del recinto y la dosificación del fosforo metálico.

La hermeticidad del recinto debe ser la máxima posible. Esto permite que se establezca la concentración letal de fosfina y que se mantenga por el tiempo necesario para eliminar todos los estadios del insecto. Si la hermeticidad es baja, la mayoría de la fosfina se escapará rápidamente (al cuarto día o antes, Figura 4); en este caso es posible que los insectos adultos mueran, pero los huevos, larvas y pupas reiniciarán el ciclo de infestación a los pocos días.

Para lograr una correcta hermeticidad se debe tapar la boca de los ventiladores y sellar todas las grietas, aberturas y roturas previamente a la aplicación de las pastillas. También es recomendable realizar el encarpado de la mercadería, el cual consiste en cubrir la superficie del granel con una lámina de polietileno de 150 micrones de espesor, como mínimo, y sellar sus bordes (por ejemplo, colocar parte del mismo grano en los bordes como contrapeso).

De no realizarse el encarpado, se deberán sellar además todas las aberturas del techo del depósito (bocas de venteo, extractores, puertas de inspección, etc.).

En silo bolsas se debe asegurar que la bolsa esté perfectamente cerrada (preferentemente termosellada de los extremos) y que no presente roturas (las cuales deberían emparcarse).

La adecuada dosificación, por su parte, es crítica para llegar a la concentración letal. Esta depende de varios factores,

entre ellos el grano a fumigar, humedad y temperatura del espacio intergranario, la hermeticidad del recinto, el tipo de insecto y nivel de infestación y nivel de resistencia al fumigante desarrollado por la población de insectos.

La dosificación de fosforo metálico que figura en los marbetes para granos almacenados en silos y celdas está en un rango entre 3 y 6 pastillas de 3 gramos por tonelada de grano. Como se ha dicho, en condiciones más favorables (recintos muy herméticos, granos de baja adsorción, adecuada humedad y temperatura del grano, infestación leve) se recomienda utilizar las dosis más bajas del rango. En condiciones más adversas es posible utilizar las dosis mayores del rango, siempre respetando el máximo permitido.

Medir la concentración de fosfina dentro del depósito es la única forma de saber si se ha alcanzado la concentración letal por el tiempo suficiente (200 ppm por cinco días) y, por lo tanto, la fumigación resultará efectiva para el control de la infestación. En otras palabras, dosificar según la recomendación del marbete es fundamental para un tratamiento exitoso, pero no garantiza el control de la infestación. Si no se mide, no se sabe.

Para mayores detalles sobre control de plaga consulta el Manual de buenas prácticas en la poscosecha (Abadía y Bartosik, 2013).

6 - Sanidad e inocuidad

Los granos, como insumos del proceso de producción de alimentos, se consideran inocuos si no causan daño a los animales y las personas que los consumen. Las dos causas de contaminación que típicamente resultan con pérdidas de inocuidad de los granos están referidas a la presencia de micotoxinas y de residuos de plaguicidas.

El consumo de granos contaminados puede derivar en daño a la salud de los animales y las personas o causar pérdidas económicas en la producción de carnes, leche y huevos. A su vez, existen fuertes regulaciones respecto de los límites máximos permitidos, los cuales no son uniformes entre los diferentes países, resultando en serios problemas en la comercialización con pérdidas para países productores de alimentos.

El mundo demanda granos cada vez más sanos e inocuos, por lo que las regulaciones de los países compradores impactan en la forma en que los países productores implementan su cadena logística y de comercialización, debiendo adaptarse para satisfacer las crecientes demandas impuestas por los consumidores globales.

Las micotoxinas son metabolitos secundarios producidos por ciertos tipos de hongos. La proliferación de micotoxinas ocurre cuando el ambiente favorece el desarrollo fúngico e incrementan su importancia bajo ciertas circunstancias, como las condiciones de stress. La contaminación comienza a nivel de campo (precosecha) y puede continuar durante el almacenamiento (poscosecha) cuando no se utilizan buenas prácticas. Una vez que un lote de granos está contaminado con micotoxinas no es posible eliminarlas de manera práctica, lo cual limita las posibilidades de uso final de la mercadería y genera serios inconvenientes para su comercialización.

La contaminación con residuos de plaguicidas es una problemática muy diferente. En el caso de la poscosecha de granos la principal causa de contaminación química es el uso de insecticidas. En este caso

los diferentes países establecen Límites Máximos de Residuos (LMR) para cada principio activo y grano, dependiendo básicamente en la peligrosidad del principio activo. La contaminación (presencia de residuos por encima del LMR) puede ocurrir por el uso de productos indebidos (ej. uso en la poscosecha de insecticidas aprobados para su uso en cultivos extensivos), por sobredosisación de insecticidas permitidos en la poscosecha, por duplicación de dosis en la poscosecha o por no respetar los tiempos de carencia. Al igual que en el caso de las micotoxinas, una vez que un lote de granos se contaminó con residuos de plaguicidas se generan serias limitaciones en las posibilidades de uso final del producto e inconvenientes en su comercialización.

En almacenamiento de granos la prevención de contaminación con micotoxinas y plaguicidas se basa en la implementación de las Buenas Prácticas (BP). Para el caso de las micotoxinas, las BP comienzan con la selección de variedades resistentes al ataque de hongos, prácticas agronómicas adecuadas (ej. rotación de cultivos, fertilización balanceada, evitar las condiciones de estrés, etc.), ajuste del equipo de cosecha para eliminar granos severamente dañados de baja densidad, y manejo adecuado en la poscosecha (especialmente secado a humedad de almacenamiento segura). En el caso de los plaguicidas las BP se basan en la sanidad de las instalaciones de almacenamiento y el uso de la aireación y/o refrigeración artificial como medidas preventivas al desarrollo de insectos, y a la implementación de un programa de manejo integrado de plagas. Para ello es necesario la capacitación y concientización de responsables de aplicación para

que solamente utilicen productos permitidos y en las dosis aconsejadas. A su vez, para evitar aplicaciones repetidas es fundamental contar con un registro de aplicaciones que se pueda transmitir al resto de la cadena (trazabilidad).

Es importante destacar que durante el procesamiento de los granos en alimentos, los residuos de plaguicidas y micotoxinas se concentran en algunos productos. Particularmente en el caso del trigo la concentración de residuos y micotoxinas se produce en la cubierta de la semilla, la cual se separa del resto del grano en el momento de la molienda, conformando la fracción denominada afrechillo.

La inocuidad de los granos es una condición necesaria para proteger la salud de la población y acceder a los mercados. Se dispone de tecnologías para la implementación de buenas prácticas de cultivo y poscosecha, que deberían ser aplicadas en sistemas que mejoren la trazabilidad a fin de reducir la contaminación con micotoxinas y plaguicidas a los niveles considerados como seguros.

Agradecimientos

Este trabajo se pudo realizar gracias a los aportes de los proyectos de INTA PNAlyAV - 1130023 - "Tecnologías de agricultura de precisión para mejorar la eficiencia de la producción agropecuaria" y PNC-YO-1127022. Identificación de situaciones de riesgo, impacto en los territorios y medidas de manejo para reducir la contaminación con productos fitosanitarios en grano de cereales y oleaginosas. ■

Referencias disponibles en: www.horizontedigital.com