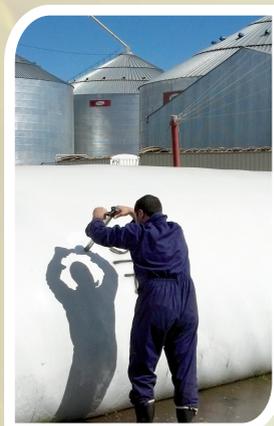


Almacenamiento y acondicionamiento de girasol

Un enfoque hacia las buenas prácticas

*Ing. Agr. (Ph.D.) Ricardo Bartosik, Lic. (M.Sc.) Bernadette Abadía,
Ing. Agr. Leandro Cardoso, Ing. Agr. (M.Sc.) Diego de la Torre, Lic. Gisele Maciel.*
EEA INTA Balcarce



Almacenamiento y acondicionamiento de girasol

Un enfoque hacia las buenas prácticas

*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.



Ministerio de Agroindustria
Presidencia de la Nación

Ediciones INTA - EEA Balcarce

2016

Almacenamiento y acondicionamiento de girasol

Un enfoque hacia las buenas prácticas

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.

1ra. Edición

Ediciones INTA
EEA Balcarce

ISBN 978-987-521-685-3

633.854.78 Almacenamiento y acondicionamiento de girasol : un enfoque hacia las
AI61 buenas prácticas / Ricardo Bartosik ... [et al]. – Buenos Aires : Ediciones
INTA, 2016.
28 p. : il.

ISBN N° 978-987-521-685-3

i. Bartosik, Ricardo

HELIANTHUS ANNUUS – GIRASOL – ALMACENAMIENTO – MEJOR PRACTICA – BUENAS PRACTICAS

INTA - DD

Diseño:

Liliana Ponti

Area de Comunicación Visual

Gerencia de Comunicación Visual e Imagen Institucional

© 2016, Ediciones INTA

No se permite la reproducción total o parcial de este libro, ni su almacenamiento en un sistema informático, ni su transmisión en cualquier formato o por cualquier medio, electrónico, mecánico, fotocopia u otros métodos, sin el permiso previo del editor.

Índice

| | |
|---|-----------|
| 1. Introducción | 5 |
| 2. Principales problemáticas del girasol en la poscosecha | 6 |
| 3. Almacenamiento | 7 |
| 3.1 Actividad microbiana | 7 |
| 3.2 Contenido de humedad de equilibrio de los granos | 8 |
| 3.3 Contenido de aceite y humedad de almacenamiento segura de los granos de girasol | 9 |
| 4. Aireación | 10 |
| 4.1 Manejo de la aireación | 10 |
| 5. Secado | 11 |
| 5.1 Riesgo de incendio durante el secado | 12 |
| 6. Control de plagas | 12 |
| 6.1 Prevenir la infestación | 13 |
| 6.1.1 Antes del ingreso de la mercadería | 13 |
| 6.1.2 Durante el llenado del depósito | 14 |
| 6.1.3 Después del llenado del silo | 15 |
| 6.1.3.1 Principios activos registrados en Argentina y clasificación ... | 16 |
| 6.1.3.2 Consideraciones sobre el uso de insecticidas químicos | 17 |
| 6.1.3.3 Fumigación con fosfina | 18 |
| 6.1.3.4 Claves para una fumigación exitosa: hermeticidad y dosificación | 18 |
| 7. Almacenamiento en silobolsa | 20 |
| 7.1 Elección del terreno y planificación de la ubicación de las bolsas | 21 |
| 7.2 Confección de la bolsa | 23 |
| 7.3. Monitoreo de la calidad del grano almacenado | 24 |
| 7.4. Consideraciones para el embolsado de girasol | 26 |
| 8. Consideraciones para el diseño de plantas de acopio | 28 |
| 9. Agradecimientos | 28 |
| 10. Referencias | 28 |

1. Introducción

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.

El almacenamiento y acondicionamiento de las semillas de girasol, tanto con destino aceitero como confitero, tiene particularidades que se derivan de sus características físicas y químicas. La Tabla 1 lista algunas de las propiedades importantes de los granos, entre las que se destacan que el girasol tiene una menor densidad volumétrica, un mayor contenido de aceite, una menor humedad de almacenamiento segura y un mayor ángulo de reposo que los demás granos que típicamente se manejan en el sistema de poscosecha argentino. En las secciones siguientes se tratarán las problemáticas específicas derivadas de estas características.

Tabla 1. Parámetros físicos, contenido de aceite, humedad de recibo y humedad de almacenamiento segura de los diferentes granos. Fuente: ASAE (2001); ASAE (2013); ASAGIR (2010); Maciel et al. (2015); MWPS-22 (1980); SAGyP (1994).

| Parámetro | Girasol | Trigo | Maíz | Soja | Cebada | Colza | Arroz |
|--|---------|-------|-------|---------|--------|-------|-------|
| Densidad volumétrica (kg/m ³) | 410 | 770 | 720 | 770 | 620 | 670 | 580 |
| Peso de 1000 granos (gr) | 130-170 | 30-45 | 380 | 200-350 | 30-45 | -3 | 27 |
| Contenido de aceite (% , rango) | 39-55 | 2-4 | 5-7 | 18-22 | 2-4 | 43-45 | 2-4 |
| Humedad de recibo (%) | 11 | 14 | 14,5 | 13,5 | 12,0 | | 14 |
| Humedad de almacenamiento segura (para 20 °C y 67% HR) | 7-12 | 14 | 13-14 | 12-13 | 14 | | 14 |
| Ángulo de reposo promedio (°) | 27 | 25 | 23 | 25 | 28 | 22 | 36 |
| Pendiente | 0,51 | 0,47 | 0,42 | 0,47 | 0,53 | 0,40 | |
| Espacio poroso (%) | 35-45 | 40-45 | 40-44 | 35-40 | 45-50 | 35-40 | 45-50 |

2. Principales problemáticas del girasol en la poscosecha

En líneas generales se pueden identificar tres problemáticas distintivas de la poscosecha del girasol. 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. Dichas problemáticas son:

1. Discrepancia entre humedad de comercialización y humedad de almacenamiento segura

La humedad base de comercialización del girasol en Argentina es del 11% (SAGyP, 1994), mientras que el contenido de humedad de almacenamiento seguro (CHAS) a 20 °C, dependiendo del contenido de aceite de la semilla, se encuentra entre 7 y 12% (Maciel et al., 2015); aunque dado el elevado contenido de aceite de los híbridos actuales, el CHAS es cercano a 8-9% en la mayoría de los casos. Los productores y acopiadores tienden a mantener el girasol con una humedad cercana a la base de comercialización (11%), de lo contrario estarían perdiendo peso de mercadería. Sin embargo, dicha humedad permite el desarrollo de hongos y aumenta la actividad fisiológica de la semilla con el consecuente riesgo de calentamiento y pérdida de calidad de la mercadería (aumento de acidez, desarrollo de olores objetables, pérdida de PG, etc.).

2. Residuos de insecticidas en el aceite

En Argentina la normativa oficial obliga a la comercialización de granos libres de insectos (SAGyP, 1994). Esto implica que si un productor o acopiador quisiera vender girasol a una aceitera y el grano contiene insectos, antes de comercializarlo está obligado a realizar un tratamiento de control. Si, por otra parte, el grano comercializado es detectado con insectos en destino, el comprador debe rechazar la mercadería (el dueño debe retirarla y realizar un control de insectos), lo cual genera costos extras e importantes problemas logísticos. Esto hace que, de hecho, se trate con insecticidas todo el grano infestado o sospechado de estarlo, previo a su comercialización. El uso de insecticidas preventivos está bastante extendido en Argentina, y existe una serie de principios activos que están aprobados. No obstante, a veces no se respetan las recomendaciones de uso, se realizan aplicaciones innecesarias (por las dudas) o se duplican aplicaciones por falta de trazabilidad en la información. Esto puede resultar en niveles de residuos por encima del límite máximo de residuos (LMR) permitido, especialmente en los mercados de exportación de aceite crudo o de girasol confitero (Abadía & Bartosik, 2013).

3. Incendios de secadoras

Existe un importante riesgo de incendio durante el secado de girasol porque normalmente el grano viene acompañado por una abundante cantidad de material seco y fibroso. Este material puede ser muy liviano, flotar en el aire e ingresar en la secadora y ser aspirado a través del quemador. En otros casos puede quedar material vegetal (restos de tallos o capítulos) atascado en el interior de la máquina incrementando el riesgo de incendios.

En las secciones siguientes se tratarán en detalle las problemáticas descritas en la presente sección.

3. Almacenamiento

3.1 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 & 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.

De acuerdo con lo que se puede observar en la Tabla 2, la temperatura no es un factor estrictamente limitante para la proliferación de hongos, ya que su rango de desarrollo es muy amplio e

Tabla 2. Condiciones de humedad relativa de equilibrio (HRE) que requieren para germinar, su correspondiente contenido de humedad de equilibrio (CHE) y temperatura mínima, máxima y óptima para el crecimiento de las especies de hongos más importantes en granos almacenados. Fuente: (Lacey et al., 1980).

| Hongos | HRE min. para germinar (%) ^a | Temperatura de crecimiento (°C) | | |
|----------------------------------|---|---------------------------------|--------|--------|
| | | Mínima | Óptima | Máxima |
| <i>Alternaria</i> | 91 | -3 | 20 | 36-40 |
| <i>Aspergillus candidus</i> | 75 | 10 | 28 | 44 |
| <i>A. flavus</i> | 82 | 6-8 | 36-38 | 44-46 |
| <i>A. fumigatas</i> | 82 | 12 | 37-40 | 50 |
| <i>A. glaucus</i> | 72 | 8 | 25 | 38 |
| <i>A. restrictus</i> | 71-72 | -- | -- | -- |
| <i>Cephalosporium acremonium</i> | 97 | 8 | 25 | 40 |
| <i>Epicoccum</i> | 91 | -3 | 25 | 28 |
| <i>Fusarium moniliforme</i> | 91 | 4 | 28 | 36 |
| <i>F. graminearum</i> | 94 | 4 | 25 | 32 |
| <i>Mucor</i> | 91 | -3 | 28 | 36 |
| <i>Nigrospora oryzae</i> | 91 | 4 | 28 | 32 |
| <i>Penicillium funiculosum</i> | 91 | 8 | 30 | 36 |
| <i>P. oxalicum</i> | 86 | 8 | 30 | 36 |
| <i>P. brevicompactum</i> | 81 | -2 | 23 | 30 |
| <i>P. cyclopinum</i> | 81 | -2 | 23 | 30 |
| <i>P. viridicatum</i> | 81 | -2 | 23 | 36 |

Referencias: ^aAproximadamente más del 5% de las esporas pueden germinar a esta HRE

inclusivo 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 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 CHAS de cualquier grano es aquel que se equilibra con una HR del aire en el espacio intergranario igual o menor a 67%.

3.2 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 un determinado híbrido de girasol, 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 girasol almacenado es aireado con una condición del aire de 25 °C y 65% de HR, entonces tenderá a secarse hasta 8% aproximadamente, mientras que si es aireado con aire a 70%, se equilibrará a 9% de humedad, y si es expuesto a 77% de HR, el girasol se equilibrará a 11% de humedad. Por otra parte, la re-

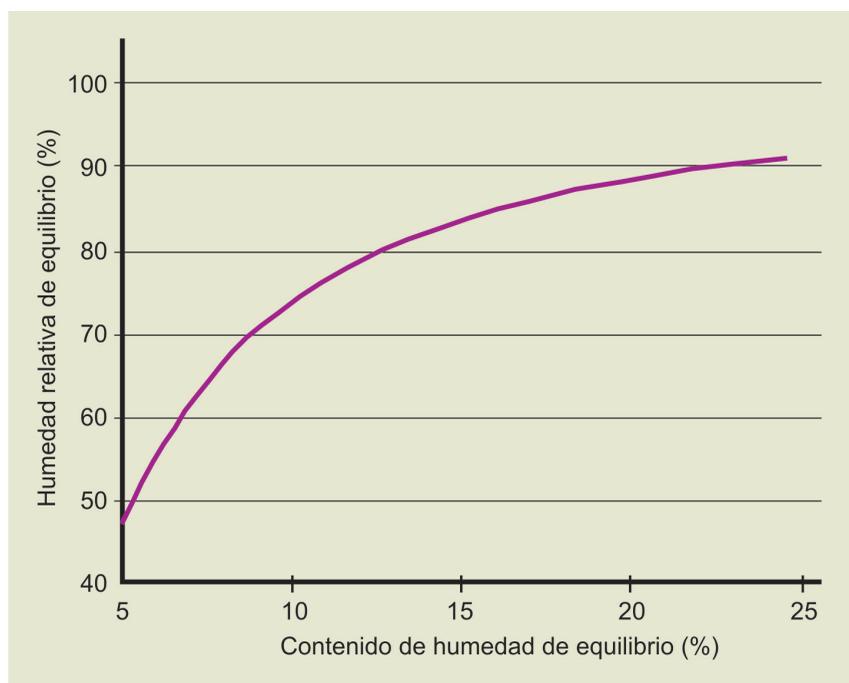


Figura 1. Contenido de humedad de equilibrio de girasol con 48,6% de aceite a 25 °C de temperatura. Fuente: (Maciel et al. 2015).

lación 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 híbrido de girasol es almacenado con una humedad de 11%, la HR del espacio intergranario será de 77%, mientras que si es almacenado con 9%, la HR será de 71% y si es almacenado con 8%, la HR será de 67%. Esto tiene importantes implicancias desde el punto de vista del desarrollo de hongos tal como se discutió en la sección anterior.

3.3 Contenido de aceite y humedad de almacenamiento segura de los granos de girasol

El contenido de aceite afecta significativamente la HRE de los granos. Los granos de oleaginosas, que tienen un mayor contenido de aceite que los cereales, absorben menos agua a una misma HR (Pixton & Warburton, 1971). Dicho de otra manera, para una misma humedad del grano, cuanto mayor es su contenido de aceite mayor será la HRE. Esto es de particular importancia para el girasol, ya que existen híbridos o variedades con rangos de aceite entre 39 y 55% (ASAGIR, 2010).

La Figura 2 muestra el CHAS de híbridos de girasol con diferente contenido de aceite. Como se puede apreciar, para aquellos híbridos con contenidos de aceite bajo (menos de 40%) la humedad de almacenamiento segura estaría entre 11 y 12,5% para el rango de temperaturas entre 0 y 35 °C, pero para híbridos con contenidos de aceite de 44% o superiores, la humedad de almacenamiento segura está siempre por debajo de 11%. En el caso de híbridos con contenidos de aceite mayores a 48% la condición segura de almacenamiento será menor a 8,5%, aun cuando se almacenen a bajas temperaturas (Maciel et al., 2015). Probablemente, cuando se crearon las

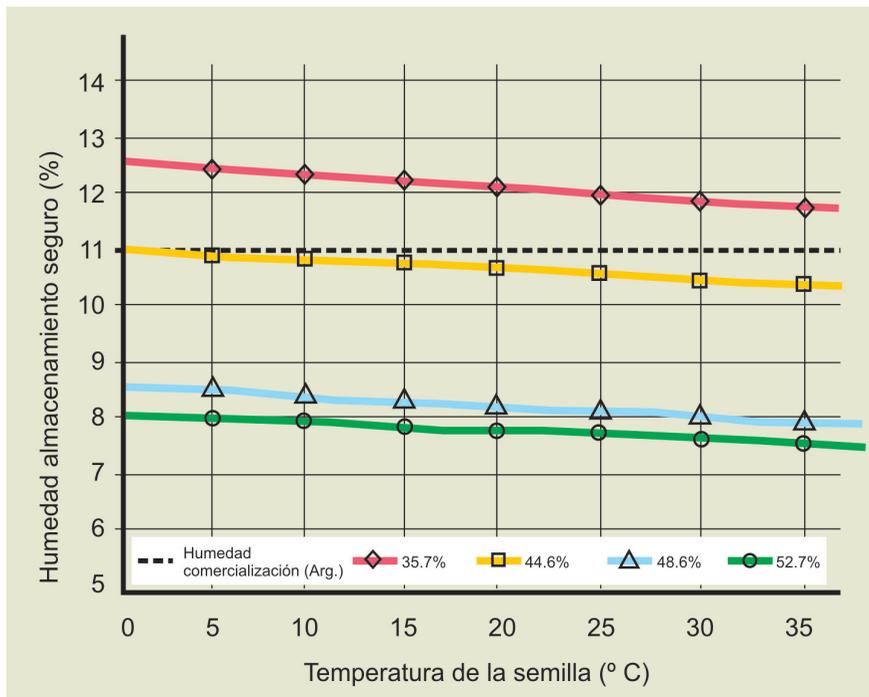


Figura 2. Humedad de almacenamiento segura de híbridos de girasol con diferentes contenidos de aceite para un rango de temperatura entre 0 y 35 °C y humedad de comercialización para girasol en Argentina. Fuente: (Maciel et al. 2015)

normas de comercialización de girasol, los contenidos típicos de aceite eran inferiores a 40%, por lo que una humedad base de comercialización de 11% quizás resultará segura. Sin embargo, el desarrollo de las empresas semilleras en los últimos años produjo un incremento sustancial del contenido de aceite de los híbridos que se encuentran en el mercado, que resulta inseguro para la mayoría de ellos su almacenamiento a la humedad de recibo (11%), la cual probablemente debería ser revisada (reducida) para orientar hacia una condición segura de almacenamiento y comercialización del girasol.

El almacenamiento a 11% de humedad de los híbridos y variedades actuales de girasol, con alto contenido de aceite, es una práctica insegura. Dicha condición de humedad genera condiciones tales en el ambiente intergranario que favorecen el desarrollo de microorganismos. El desarrollo de microorganismos resulta en el calentamiento de la masa de granos, incremento de acidez en el aceite, granos dañados por calor, granos dañados por hongos y, eventualmente, incendio de silos. Por los motivos expuestos, el almacenamiento seguro de los materiales actuales se debe realizar a humedades entre 8 y 9%.

Una tecnología fundamental para monitorear las condiciones de almacenamiento del girasol 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.

4. 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 granel. 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 granel. La aireación limita el desarrollo de hongos e insectos debidos a la formación de focos localizados de humedad en el granel. 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 granel (aunque también los focos de calentamiento pueden ser consecuencia de dicha actividad);
- 3) en el caso particular del girasol, dada su tendencia a perder humedad, con adecuado caudal de aire y durante un tiempo relativamente prolongado de funcionamiento de la aireación se puede secar algunos puntos de humedad.

4.1 Manejo de la aireación

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. 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. 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 & Bartosik, 2013).

Si se almacena girasol a 11%, la actividad biológica resultará en el calentamiento de este, por lo que se deberá utilizar aireación con frecuencia para mantener la temperatura en valores normales. A través de los sucesivos ciclos de aireación la humedad irá bajando (a razón de 0,8 a 1 °C por ciclo), por lo que en tres ciclos de aireación la humedad habrá bajado a 8-9%, resultando en condiciones más seguras de almacenamiento. En dichas condiciones de humedad, una vez frío, se puede sellar la boca del ventilador y mantener el girasol frío durante el resto del invierno. En líneas generales se pueden resumir los siguientes puntos respecto de la aireación de girasol:

- si el girasol está almacenado a humedades de 11% o superiores, el calentamiento se producirá bastante rápido, por lo que el objetivo es secarlo evitando además que se caliente en exceso. Para ello se debe utilizar aireación de manera muy frecuente, evitando solamente situaciones de extremadamente alta HR (90%);
- a medida que el girasol se seca y se acerca a 8% de humedad se puede ser un poco más selectivo en las condiciones del aire, buscando temperaturas bajas y HR intermedias (65-75%).

5. Secado

El girasol es un producto que se seca con facilidad. Se puede realizar un secado exitoso tanto a baja temperatura (silo o celdas) como en sistemas continuos de alta temperatura. Esto ocurre debido a ciertas características físicas y químicas (composición) particulares de la semilla de girasol, la cual es de tamaño relativamente grande, por lo que los espacios entre los granos almacenados son de gran tamaño permitiendo que el aire circule con facilidad. La cubierta de la semilla ofrece poca resistencia al paso de humedad, y su alto contenido de aceite hace que bajo condiciones ambientales normales (ej. 25 °C y 70% HR), la semilla tienda a equilibrarse a una humedad cercana a 8%. Esto implica que mediante el secado en silo a baja temperatura, con adecuado caudal de aire (más de 1 m³.min⁻¹.t⁻¹), el girasol puede perder hasta 5 puntos de humedad en el período de 20 a 40 días. Para mayor información sobre secado en silo dirigirse a Abadía & Bartosik (2013).

A su vez, el girasol tiene una densidad menor que los otros granos, por lo que para un mismo volumen de mercadería hay menos agua para evaporar. Por ejemplo, una secadora de 30 t de capacidad estática de maíz, para secarlo de 18 a 15% (3 puntos) debe remover 1060 kg de agua. La misma secadora llena de girasol puede contener solamente 21 t y para secarlo de 14 a 11% (3 puntos) deberá remover 710 kg de agua (33% menos). Los operarios que están acostumbrados a secar maíz en secadoras continuas de alta temperatura tienden a sobresecar el girasol. Por lo tanto, cuando se seca girasol para evitar el sobresecado se debe incrementar la velocidad de pasada de la semilla o bajar la temperatura de secado con respecto a las condiciones de secado de maíz. Sin embargo, desde el punto de vista de la calidad, temperaturas del aire de secado de hasta 105 °C no tienen efectos adversos en el rendimiento de aceite o la composición de ácidos grasos. Por el contrario, si el objetivo es secar para producir semilla, la temperatura del aire de secado no debería pasar los 43 °C.

5.1 Riesgo de incendio durante el secado

El girasol presenta un importante riesgo de incendio de la secadora cuando es secado a alta temperatura. Esto puede ocurrir porque el material fibroso y liviano que se desprende de la semilla flota en el aire y puede ser aspirado por la secadora a través del quemador, introduciendo dentro de la cámara de secado material incandescente o chispas. A su vez, el girasol suele venir de campo con restos de capítulos o tallos. Estos restos vegetales pueden quedarse trabados en el interior de la máquina secadora. Con el tiempo se recalientan y sobresecan, constituyendo un riesgo latente que ante la menor chispa que ingrese a la cámara de secado puede encenderlo con facilidad.

Para minimizar los riesgos de incendio se recomienda limpiar el material antes de ingresarlo en la secadora, limpiar toda el área cercana a la secadora, limpiar el plenum de aire caliente de la secadora, asegurarse que el grano fluya de manera normal en todas las columnas o secciones de la secadora. Si se detecta flujo de grano no uniforme (ej. columnas de la secadora con descarga despereja), probablemente esto implica que hay material atorado en su interior que puede sobresecarse y recalentarse, incrementando el riesgo de incendio. Muchos de estos siniestros ocurren de noche, cuando la secadora se deja desatendida, por lo cual se recomienda extremar la atención durante el secado de girasol. Finalmente, se pueden instalar en las secadoras sistemas contra incendio que permiten, a través de una serie de cañerías, verter con rapidez una gran cantidad de agua en el interior de esta, controlando un foco de incendio con facilidad en sus estadios tempranos. Sin embargo, estos sistemas operan de manera manual por lo que el foco de incendio debe detectarse a tiempo. Una vez más, una operación de secado supervisada es fundamental para evitar incendios.

6. 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 o el porcentaje de expansión de maíz pisingallo, 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 complementaria insecticidas preventivos para proteger al grano apenas se almacena, con el objetivo de reducir la necesidad posterior de la utilización de estos químicos.

Sin embargo, dadas las restricciones que se le aplican al girasol relacionado a los límites máximos de residuos de diferentes principios activos en el aceite, 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.

6.1 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.

6.1.1 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 transportes 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 fosfuro de aluminio, cubriendo el piso con una lámina de polietileno (de este modo se calculará la dosis de fosfuro 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 fosfuro 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.

6.1.2 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.

Sin embargo, dadas las restricciones que se le aplican al girasol relacionado a los límites máximos de residuos de diferentes principios activos en el aceite, 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.

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 fosfuro de aluminio (fosfina) al ingreso de mercadería si hay una infestación evidente o bien se sospecha de infestación oculta.

6.1.3 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”). El fundamento de la protección radica en que los insectos que ingresen por el techo del silo morirán al intentar atravesar el tramo superior del granel tratado con el producto. De esta forma, la capa superior actúa como barrera de entrada o tapón, protegiendo al resto del granel del ataque de los insectos sin necesidad de aplicar insecticida a todo el granel. No obstante, esto es válido siempre y cuando no se proceda a vaciar parcialmente el silo ya que parte del grano tratado será el primero en salir.

Algunos insecticidas pueden ser utilizados o bien como protectores de grano o bien para tratamiento “top-dress”, pero no para ambos fines debido a que se excederían las dosis máximas permitidas. Verificar las indicaciones de la etiqueta al planificar un tratamiento preventivo con insecticidas.

Sin embargo, dadas las restricciones que se le aplican al girasol relacionado a los límites máximos de residuos de diferentes principios activos en el aceite, 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.

6.1.3.1 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. En la Tabla 3 se ofrece un listado detallado de los insecticidas registrados en Senasa para su utilización en granos almacenados en Argentina.

Tabla 3. Insecticidas registrados por Senasa en Argentina para granos almacenados, clasificación, principio activo y familia, y tipo de plaga que controla. Fuente: elaboración propia según Resolución SENASA 934/2010, listado de Senasa de principios activos registrados a mayo de 2015 y marbetes comerciales.

| | Principio activo Familia | Insectos y ácaros que controla |
|---------------|---|---|
| Preventivos | Clorpirifos metil Organofosforado | Ácaro, arañuela de la harina, carcoma, gorgojo, palomita de los cereales, tribolio |
| | Clorpirifos metil + Deltametrina* Organofosforado + piretroide | Ácaro, arañuela de la harina, carcoma, gorgojo, palomita de los cereales, tribolio y taladrillo de los granos |
| | Deltametrina* + Butóxido de piperonilo Piretroide + sinergizante | Carcoma, gorgojo, palomita de los cereales, tribolio, polilla de la fruta seca, polilla de la harina, taladrillo de los granos. |
| | Mercaptotion Organofosforado | Gusano amarillo de la harina, palomita de los cereales, polilla de la harina, tribolio confuso. |
| | Pirimifos metil Organofosforado Pirimifos metil + Lambdacialotrina* Organofosforado + piretroide | Ácaro, arañuela de la harina, carcoma, gorgojo, palomita de los cereales, tribolio Ácaro, arañuela de la harina, carcoma, gorgojo, palomita de los cereales, tribolio y taladrillo de los granos |
| Rápida acción | Tierra de diatomeas Origen biológico | Amplio espectro |
| | Tierra de diatomeas + Deltametrina* Origen biológico + piretroide | Amplio espectro |
| | DDVP Organofosforado | Arañuela de la harina, carcoma, gorgojo, palomita de los cereales, tribolio, polilla de la fruta seca |
| | DDVP + Deltametrina* Organofosforado + piretroide | Arañuela de la harina, carcoma, gorgojo, palomita de los cereales, tribolio y taladrillo de los granos |
| | DDVP + Permetrina* Organofosforado + piretroide | Arañuela de la harina, carcoma, gorgojo, palomita de los cereales, tribolio y taladrillo de los granos |

| | | |
|-----------|------------------------------------|---|
| Curativos | Fosforo de aluminio* Inorgánico | Gorgojo, taladrillo de los granos, palomita de los cereales, gorgojo del poroto, gorgojo del café, carcoma del tabaco, tribolio castaño, tribolio confuso, carcoma achatada, carcoma dentada, carcoma grande, polilla de la harina, polilla de la fruta seca, ácaro de la harina, otros ácaros. |
| | Fosforo de magnesio* Inorgánico | Gorgojo, taladrillo de los granos, palomita de los cereales, gorgojo del poroto, gorgojo del café, carcoma del tabaco, tribolio castaño, tribolio confuso, carcoma achatada, carcoma dentada, carcoma grande, polilla de la harina, polilla de la fruta seca, ácaro de la harina, otros ácaros. |

* controla *Rhyzopertha dominica* (taladrillo de los granos)

Fuente: elaboración propia en base a la Resolución SENASA 934/2010, listado de SENASA de productos formulados a mayo de 2012 y marbetes comerciales

6.1.3.2 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 girasol constituye una ventaja ya que no deja residuos en el grano ni en el aceite. 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 normal-

mente 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. Esto es crítico especialmente en el girasol ya que residuos de este producto pasan al aceite causando importantes inconvenientes en la comercialización. Cabe destacarse que el aceite se consume refinado, y que el proceso de refinamiento elimina los residuos, por lo que no hay riesgos para la salud humana. Sin embargo, la gran proporción del aceite se exporta como aceite crudo, por lo que puede contener residuos y justificar rechazos de embarques.

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 accidentales.

6.1.3.3 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 fosfuro de aluminio que se vende comercialmente con el formato de pastillas. El fosfuro 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.

6.1.3.4 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, silobolsas, 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 fosfuro 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 3); 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.

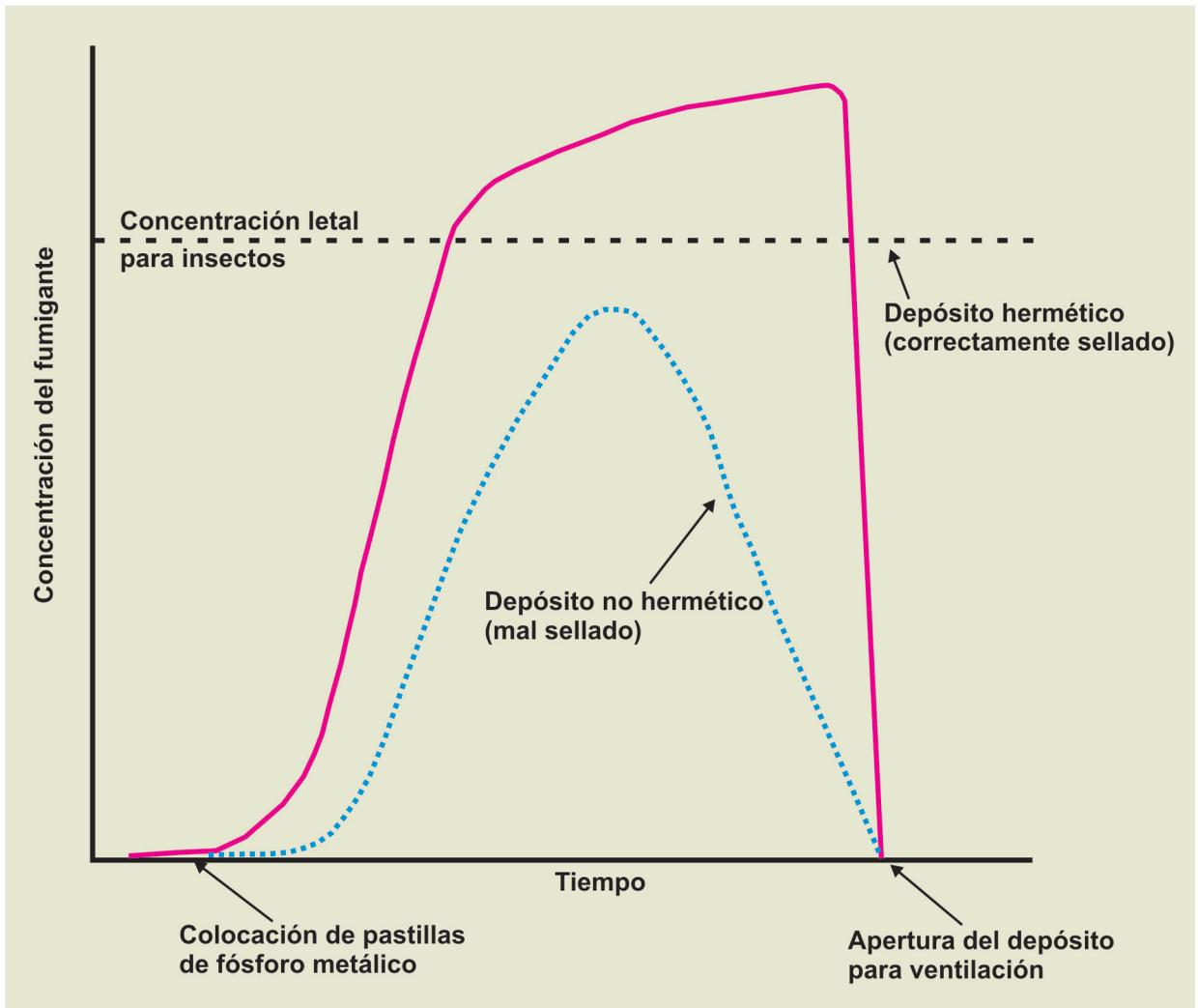


Figura 3. Evolución de la concentración de fumigante en el tiempo en un depósito hermético y en otro no hermético.

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

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

- El grano a fumigar. Los diferentes tipos de grano son capaces de adsorber diferentes porcentajes de fosfina que, en consecuencia, no queda disponible para eliminar los insectos. En general, las oleaginosas y los granos con cáscara adsorben un porcentaje mayor de fosfina que los cereales y por lo tanto requieren dosificaciones mayores. En el caso particular de girasol se recomienda utilizar una dosis de al menos 4 pastillas por t, debido a la baja densidad del girasol y la alta capacidad sortiva de la cáscara.
- Las condiciones ambientales: humedad y temperatura. A menor humedad de los granos y a menor temperatura se requerirá una dosificación de fosfuro metálico mayor porque la liberación del gas será más lenta. No se debe fumigar si la temperatura del granel es menor a 5 °C o la humedad del grano es superior a 15% o inferior al 9%.
- La hermeticidad del recinto. A mayor hermeticidad del recinto, se requieren menores dosificaciones de fosfuro metálico pues la fosfina quedará atrapada en el interior por largos períodos. Pequeñas fallas en la hermeticidad se pueden compensar con una mayor dosis. Si el recinto no es hermético, no se puede compensar dicha falla con una mayor dosificación de fosfuro; en ese caso, el recinto no se debe fumigar.
- El grado de infestación de la mercadería. Infestaciones severas requerirán una dosificación mayor que las infestaciones leves.
- <el nivel de resistencia de la población. El uso continuo de un producto químico, incluyendo a la fosfina, genera el desarrollo de resistencia en la población de insectos de un silo o planta de acopio. Esta situación se agrava cuando se usa el producto de manera incorrecta (subdosificación). Como resultado de ello, para lograr el control de la población de insectos cada vez se requiere la utilización de dosis más altas.

La dosificación de fosfuro 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 cosecha (Abadía & Bartosik, 2013).

7. Almacenamiento en silobolsa

En líneas muy generales, el éxito del almacenamiento en bolsas plásticas radica fundamentalmente en dos factores: embolsar grano seco y mantener la integridad física de la bolsa durante todo el almacenamiento. La baja humedad evitará el desarrollo de hongos y el deterioro de calidad asociado a estos. La integridad física de la bolsa, por su parte, evitará la entrada de agua

y por lo tanto previene el humedecimiento del grano y, al mismo tiempo, impide la entrada de insectos. De esta forma, si el grano se embolsa libre de infestación, será posible preservarlo en dicha condición durante todo el almacenamiento sin necesidad de aplicar insecticidas.

Si bien en la actualidad Argentina es líder en el desarrollo y uso de esta tecnología, se suelen cometer errores en su implementación que ponen en riesgo la calidad de la mercadería almacenada. Se destacan por su frecuencia la aparición de bolsas armadas en zonas anegables o sobre rastros, bolsas mal cerradas, flojas, rotas y que contienen grano excesivamente húmedo. Aunque algunas problemáticas son comunes a las observadas en los sistemas tradicionales de almacenamiento muchas son específicas del silobolsa. A continuación se ofrecen algunas recomendaciones para obtener la máxima calidad e inocuidad del grano almacenado en bolsas plásticas.

7.1 Elección del terreno y planificación de la ubicación de las bolsas

El armado del silobolsa requiere planificación y el primer aspecto a tener en cuenta es el lugar de emplazamiento. Lo óptimo es destinar un sector permanente en donde se emplazarán las bolsas durante las sucesivas campañas. La posibilidad de utilizar un solo lugar simplificará el monitoreo y los cuidados posteriores, como mantenerlo libre de malezas e implementar un cerco eléctrico para evitar el daño que ocasionan animales.



Adicionalmente, se deberán tener en cuenta los siguientes puntos:

- El terreno donde se ubicarán las bolsas plásticas debe ser elevado y con una leve pendiente para evitar anegamientos, ya que cualquier rotura o un mal cierre implicaría la entrada de agua y la posterior pérdida de calidad (Figura 4). Además, si el sitio es anegable, no se podrá acceder para extraer la mercadería. El lugar seleccionado también deberá estar alejado de árboles y cortinas forestales para disminuir el riesgo de roturas por caída de ramas.

Figura 4. Silobolsa emplazado en un terreno anegable. Fuente: INTA.

- El terreno donde se ubicarán las bolsas debe estar limpio, sin malezas ni rastrojos que puedan perforar el plástico en la base (Figura 5, der. arriba). Por lo tanto, si fuera necesario se debe realizar una pasada de algún implemento tipo pala o rabasto (Fig. 5. Izq.). Esta práctica además permite darle una leve pendiente al terreno para evitar anegamientos y mejora notablemente la capacidad de frenado de la embolsadora, lo que resulta en una bolsa más pareja (Fig. 5, der. abajo). No es necesario remover el suelo con una herramienta de labranza pesada; esto provocaría una pérdida de adherencia y capacidad de frenado de la máquina embolsadora, que redundaría en problemas para lograr un correcto llenado de esta.



Figura 5. Emplazamiento de las bolsas en terreno con rastrojos. Sup., der.: bolsa emplazada sobre rastrojo sin alisar. Izq.: pala utilizada para el alisado del terreno. Inf. Der.: bolsa emplazada sobre terreno alisado. Fuente: INTA.

- En terrenos con pendientes pronunciadas debe trabajarse en sentido ascendente para que el llenado se realice de manera controlada y homogénea. Esta práctica debe estar acompañada con todos los recaudos posibles para que el final de la bolsa quede cerrado herméticamente. Si esto no ocurre, es posible que en algún momento del almacenaje se produzca la entrada de agua a la bolsa, que al tener la pendiente a favor, puede fluir por encima de la cubierta plástica. La orientación de la bolsa debe ser en lo posible norte-sur, para que reciba a lo largo del día la misma cantidad de radiación en ambos laterales, disminuyendo así los riesgos de migración de humedad en aquellos casos donde se almacenó grano húmedo.

- Si en un mismo playón se planea ubicar varias bolsas, es recomendable disponer las bolsas de a dos, o a lo sumo agrupadas de a cuatro (Figura 6). Entre los silobolsas de cada grupo debe existir el espacio suficiente para que un operario pueda acceder a cualquier bolsa e inspeccionar su integridad física. Entre grupos de bolsas deberá dejarse la distancia mínima que permita ubicar la tolva o camión durante la extracción del grano (en la periferia del grupo). Esto permitirá establecer planes de extracción de acuerdo a un sistema de monitoreo y, ante un problema importante de cualquiera de las bolsas se podrá acceder a esta sin inconvenientes



Figura 6: Fotografía aérea de silobolsas. Nótese el correcto agrupamiento de las bolsas en grupos de dos o tres unidades. Esta configuración permite la rápida extracción de cualquier bolsa en caso de detectarse deterioros en la calidad del grano.

7.2 Confección de la bolsa

En la etapa de la confección de la bolsa se deben extremar todos los recaudos para lograr un correcto llenado y partir de una adecuada hermeticidad inicial. Esto permitirá reducir la incidencia de insectos (y por ende la necesidad de aplicación de insecticidas) y el riesgo de desarrollo de hongos y micotoxinas, manteniéndose así la calidad e inocuidad del grano con mínimas alteraciones. Para lograr lo antedicho:

- Sellar perfectamente los extremos de la bolsa para evitar la entrada de aire, agua e insectos. Para ello recomienda el uso del termosellado (Figura 7, der.) o de cintas engomadas específicas (ej. Adhesilo). Una opción menos recomendable es el uso de tablas, ya que estas no permiten un cierre completamente hermético con facilidad (Figura 7, izq.).
- Levantar la máquina embolsadora (dependiendo de la máquina, entre 15 a 30 cm del suelo) y luego efectuar el llenado estirando la bolsa tanto como la regla de estiramiento impresa en la bolsa lo permita pueda para eliminar la mayor cantidad de aire de su interior.
- Extremar los recaudos para lograr una bolsa bien pareja, no dejar baches (depresiones) en la parte superior, por su propensión a la condensación de humedad, sobre todo si se almacenan granos húmedos (Figura 8). Para esto se requiere el correcto funcionamiento de los frenos de la embolsadora, un terreno firme y parejo y que los pliegues de la bolsa estén bien sujetos.

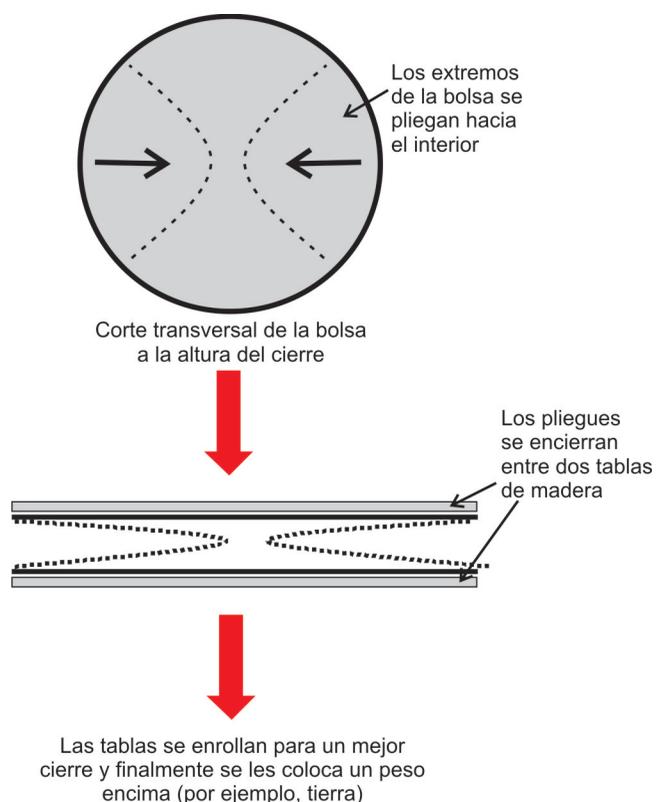


Figura 7. Métodos recomendados para el cierre de la bolsa. Izq.: fotografía del procedimiento de termosellado, mediante una máquina termoselladora. Der.: esquema del cierre por tablas.

- Antes de embolsar cada partida de granos que proviene del campo, es imprescindible determinar los parámetros más importantes por cada tolva, tal como humedad, materias extrañas, etc., y registrar esa información. Estos datos permitirán asignar diferentes niveles de riesgo de deterioro entre bolsas e incluso delimitar sectores dentro de la misma bolsa y, por lo tanto, orientarán el criterio del monitoreo.

7.3. Monitoreo de la calidad del grano almacenado

Una vez confeccionada correctamente la bolsa es importante realizar un monitoreo sistemático del sistema de almacenamiento para prevenir, diagnosticar y solucionar problemas antes que se afecte la calidad del grano almacenado. Como se detallará a continuación, el tiempo que puede almacenarse un determinado grano de forma segura depende de múltiples factores (como humedad, calidad inicial, temperatura ambiente, hermeticidad del sistema de almacenamiento) y, por lo tanto, en la medida que el almacenamiento se aparte de las condiciones óptimas, mayor deberá ser la frecuencia de muestreo para detectar cuanto antes el deterioro de calidad.

El monitoreo del sistema de almacenamiento puede dividirse en dos aspectos complementarios: de la integridad física de la bolsa y de la calidad del grano almacenado. El monitoreo de la



Figura 8: Depresión en la superficie del silobolsa. Fuente: INTA.

integridad física de la bolsa es fundamental ya que durante el almacenaje es común que se produzcan roturas del plástico de la bolsa por diferentes causas (clima, animales, descuidos en la confección o en el muestreo, entre otros) que comprometen la hermeticidad del sistema (Figura 9, izq.). El monitoreo periódico permite detectar a tiempo las roturas y sellarlas. Además, es útil determinar causas y frecuencia de roturas para cuantificar el problema y planificar soluciones (ejemplo: colocar cerco eléctrico para animales o cebos en el caso de roedores, Figura 9, der.).



Figura 9. Izq.: Silobolsa con roturas causadas por animales. Der.: cerco eléctrico para evitar que los animales ataquen el silobolsa. El pasto debe estar corto para el correcto funcionamiento del cerco. Fuente: INTA.

Por su parte, el objetivo de monitorear la calidad de los granos es obtener información para tomar mejores decisiones. Aunque visualmente la bolsa no presente ninguna alteración, la calidad del grano puede verse afectada por otros factores de modo que la frecuencia del muestreo de calidad del grano deberá aumentar conjuntamente con el nivel de riesgo. Los de mayor importancia son:

- **Humedad del grano:** el riesgo de deterioro del grano es alto si la humedad es superior a la tolerancia de recibo (Tabla 4). Visto de otro modo, el tiempo de almacenamiento seguro de grano embolsado seco será mayor al del grano embolsado húmedo. La presión de muestreo debe ser mayor en caso de grano húmedo.

Tabla 4. Nivel de riesgo para el almacenamiento de soja, maíz, trigo y girasol con diferentes contenidos de humedad.

| Tipo de grano | Bajo* | Bajo-Medio | Medio-Alto |
|---------------------|-----------|------------|-------------|
| Soja - Maíz - Trigo | Hasta 14% | 14-16% | mayor a 16% |
| Girasol | Hasta 11% | 11-14% | Mayor a 14% |

* Para semillas de este valor debe ser de 1-2% menor

Tabla 5. Nivel de riesgo para el almacenamiento de soja, maíz, trigo y girasol con diferentes contenidos de humedad según el plazo de almacenaje.

| Tipo de grano | Bajo* | Bajo-Medio | Medio-Alto |
|--|---------|------------|------------|
| Soja – Maíz - Trigo 14% Girasol 11% | 6 meses | 12 meses | 18 meses |
| Soja - Maíz - Trigo 14-16% Girasol 11-16% | 2 meses | 6 meses | 12 meses |
| Soja - Maíz - Trigo >16% Girasol >16% | 1 mes | 2 meses | 3 meses |

* Para semillas de este valor debe ser de 1-2% menor

7.4. Consideraciones para el embolsado de girasol

Como se mencionó en la sección 1 el girasol tiene una baja relación peso volumen, por lo que en un silobolsa (2,74 m de diámetro y 60 m de largo) se pueden almacenar entre 120 y 140 t de girasol, mientras que para maíz o soja se almacenarán 180 t aproximadamente.

Desde el punto de vista del almacenamiento, el grano de girasol posee parámetros de calidad que deben observarse para evaluar su conservación. La acidificación de la materia grasa es un proceso típico durante el almacenamiento. Este hecho está capturado en la norma de comercialización de girasol modifica el límite base de acidez (de 1,5% a 2%) a partir del mes de septiembre. Sin embargo, una acidificación mayor a la permitida trae aparejado una pérdida de calidad y por lo tanto del precio de la mercadería. El otro parámetro importante de calidad, el contenido de materia grasa, es menos susceptible a cambios durante el almacenamiento.

El grado de acidificación de la materia está relacionado con la humedad del grano, el tiempo de almacenaje y la temperatura del grano, entre otros factores. De todos ellos, el más influyente es la humedad del grano. Se requiere un contenido de humedad menor a 11% (idealmente 8-9%) para planificar un almacenaje a largo plazo (p. ej. 12 meses). El almacenaje de un grano por encima de 11% puede ser exitoso solo durante pocos meses y con baja temperatura del grano. Algo a considerar en el almacenamiento en silobolsa es que la temperatura del grano está directamente relacionada con la temperatura ambiente. Entonces, en algunas zonas girasoleras como el sur de Buenos Aires, la temperatura promedio mensual durante la cosecha y principio del almacenaje es menor que en otras regiones del país. Esto redundará en una ventaja comparativa del almacenamiento en el sur de Buenos Aires respecto de las posibilidades de manejo del girasol en otra región.

Otro proceso que se ha observado con girasol almacenado húmedo es la estratificación de la humedad. Si bien no es un problema grave, es común que en silobolsas de girasol almacenado por encima de 11% de humedad, al cabo de un tiempo, dicho valor pueda aumentar de dos o tres puntos porcentuales en los primeros 10 o 15 cm de grano, respecto al resto del silobolsa. Este fenómeno se acentúa en climas con alta amplitud térmica y cuando el grano es almacenado por mucho tiempo. No se debe confundir con una humidificación del grano en toda la bolsa, solo existe una remoción de agua desde un sector de la bolsa, la cual se deposita en otro sector, en este caso en la periferia. Tampoco debemos remitir este fenómeno al girasol como grano ni al silobolsa como sistema de almacenaje, también se da en silos comunes. Cuando el grano de girasol es almacenado seco la estratificación de humedad es poca/nula.

Otro factor para considerar es la rotura del silobolsa por diferentes animales, por ejemplo roedores, peludos, etc. Ciertamente los silobolsas de girasol son los más afectados por peludos. Aquí se deben extremar los cuidados de combinar prácticas de manejo que minimicen las roturas por animales, por ejemplo mantener los alrededores del silobolsa limpios (pasto corto, minimizar la caída de grano durante el llenado de la bolsa), colocar un cerco eléctrico, uso de repelentes, etc. También es importante sellar bien los extremos del silobolsa (p. ej. Termosellado, cintas de sellado o uso de tablas) para evitar que los animales ingresen por allí .

Conociendo los parámetros iniciales del grano (humedad, contenido de aceite, suciedad, etc.) se podrá segregar el grano en el silobolsa de acuerdo a las posibilidades de venta y el riesgo de almacenaje. Luego se requiere hacer un seguimiento de la calidad de acuerdo a un sistema de monitoreo. Este puede hacerse mediante la extracción de muestras y análisis de laboratorio (co-tejando con los valores iniciales) o bien por sistemas indirectos que indican la actividad respiratoria dentro del silobolsa (por ejemplo los niveles de CO₂). Nuevos estudios han determinado que, en general, incrementos en los valores de acidez de materia grasa en el silobolsa son precedidos por un aumento de la concentración de dióxido de carbono en este. Esto permite que mediante el monitoreo frecuente del se eviten pérdidas de calidad por acidificación de la materia grasa.

El tratamiento con fosfina para el control de insectos en silobolsa es una práctica utilizada ya que combina las virtudes de un fumigante de bajo costo y prácticamente libre de residuos con un sistema de almacenamiento hermético. Las dosis varían con el tipo de grano (adsorción) y hermeticidad del silobolsa. Con un silobolsa bien confeccionado y con cierre hermético se podrían utilizar dosis cercanas a las 1,5 pastillas (1 g fosfina c/u)/ tonelada de maíz, trigo o cebada. Sin embargo, por la alta adsorción de fosfina que posee el girasol se recomienda aplicar 4 pastillas/t para lograr un control efectivo. La fosfina se puede dosificar durante el embolsado del girasol (distribuyendo las pastillas a través de la vena de grano que ingresa a la tolva de la embolsadora) o posteriormente al embolsado (dosificándose cada 5 metros de silobolsa por medio de un tubo plástico insertado diagonalmente en su interior). Para mayor información consultar el libro Almacenamiento de Granos en Silo Bolsa. Resultados de Investigación 2009-2013. (Cardoso et al., 2014).

Además de la fosfina se ha evaluado el control de insectos en silobolsa mediante la inyección de otros fumigantes, como el CO₂, con muy buenos resultados.

8. Consideraciones para el diseño de plantas de acopio

Debido a las características de las semillas de girasol de tener un alto ángulo de reposo, el movimiento de la mercadería en la planta por gravedad tiene características diferentes que a los demás granos. Una planta diseñada para manejar girasol debe tener ángulos de cono y caños de bajada más empinados que cuando se diseñan para otros productos (ej: maíz, trigo o soja).

Debido a la menor densidad volumétrica (o peso hectolítrico) del girasol, el rendimiento de los transportes como así también la capacidad de almacenamiento de silos, celdas, silobolsas, etc se reduce aproximadamente un 40%.

9. 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 PNCYO-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.

10. Referencias

- Abadía, B. & Bartosik, R., 2013. Manual de Buenas Prácticas en Poscosecha de Granos Primera. E. INTA, ed., Buenos Aires, Argentina.
- ASAE, 2013. ANSI/ASAE D241.4 FEB03-Density, Specific Gravity, and Mass-Moisture Relationships of Grain for Storage., pp. 545–548.
- ASAE, 2001. ASAE D245.5 JAN01-Moisture Relationships of Plant-based Agricultural Products., pp. 537–550.
- ASAGIR, 2010. Red de Evaluación de Cultivares Comerciales de Girasol de INTA. Campañas 2008/2009 y 2009/2010. Cuadernillo N.º 18., Buenos Aires, Argentina.
- Cardoso, L.; Bartosik, R.; De la Torre, D.; Abadía, B.; Santa Juliana, M. eds. 2014. Almacenamiento de Granos En Silo Bolsa. Resultados de Investigación 2009-2013. Ediciones INTA. Balcarce.
- Lacey, J.; Hill, S.T. & Edwards, M.A., 1980. Microorganisms in stored grains : their enumeration and significance. *Tropical Stored Products Information*, 39, pp. 19–33.
- Maciel, G. et al., 2015. Effect of oil content of sunflower seeds on the equilibrium moisture relationship and the safe storage condition. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 17(2), pp. 248–258. Disponible: <http://www.cigrjournal.org>
- MWPS-22, 1980. Low temperature and solar grain drying handbook.
- Navarro, S. & Noyes, R.T., 2001. *The Mechanics and Physics of Modern Grain Aeration Management*, CRC.
- Pixton, S.W. & Warburton, S., 1971. Moisture content relative humidity equilibrium, at different temperatures, of some oilseeds of economic importance. *Journal of Stored Products Research*, 7(4), pp. 261–269.
- SAGyP, 1994. Normas de Calidad, Muestreo y Metodología para los granos y Subproductos–N.º 1075/94., p. 195.

El girasol es uno de los principales cultivos oleaginosos de nuestro país, generando importantes ingresos a toda la cadena a través de la producción de uno de los aceites comestibles más demandados y valorados en el mundo. El almacenamiento y acondicionamiento correcto de esta semilla es de gran importancia para lograr preservar todos sus atributos de calidad, desde el momento de la cosecha hasta su procesamiento industrial. La presente publicación introduce los fundamentos de las Buenas Prácticas en el almacenamiento y acondicionamiento del girasol con sus basamentos teóricos y técnicos. Además, se hace hincapié en la discrepancia entre la humedad de comercialización y la humedad de almacenamiento segura y la problemática de los residuos de pesticidas en el aceite crudo. Se ofrece una explicación técnica de estas situaciones de manera clara y concisa, y se proponen tecnologías adecuadas para su solución. El objetivo de este manual es hacer una contribución desde el INTA a toda la cadena de girasol para mantener la calidad e inocuidad de la semilla durante la etapa de la poscosecha y lograr así un aceite de alto valor y calidad diferenciada, a través de operaciones eficientes y seguras. Las contribuciones a este manual se realizaron mayormente a través de los Programas Nacionales del INTA de Cereales y Oleaginosas (PNCyO 1127022) y Agroindustrias y Agregado de Valor (PNAlyAV 1130023).



Ministerio de Agroindustria
Presidencia de la Nación