



Fundación ArgenINTA
Delegación BUENOS AIRES SUR

**Almacenaje de Granos en Bolsas Plásticas:
Sistema Silobag**

Informe Final de Girasol

Rodríguez, J. C., Bartosik, R. E., Malinarich H.D., Exilart, J.P. y Nolasco, M.E.

EEA INTA Balcarce



Introducción

En la campaña 2000/2001 la producción de trigo, maíz, soja y girasol en Argentina fue de 48 millones de toneladas, en tanto que la capacidad de acopio estimada es de 43 millones de toneladas. La diferencia entre ambas cifras arroja un déficit de almacenaje de 5 millones de toneladas, pero teniendo en cuenta la producción de otros cultivos menores este déficit puede ser mucho más importante. Se estima que la capacidad de almacenaje en el campo es de 13 millones de toneladas, solo el 30% de la capacidad total. Esta situación genera un cuadro de ineficiencias del sistema de poscosecha, que en definitiva se traduce en un costo extra para los productores que ven disminuida la rentabilidad de sus empresas. La instalación de estructuras de almacenaje permanentes (silos, celdas, etc.) no está al alcance de la mayoría de los productores, debido a la alta inversión inicial requerida y a la falta de créditos accesibles. Desde hace unos años, los mismos productores en su afán de solucionar sus problemas de déficit de almacenaje, han adaptado el sistema tradicionalmente usado en el almacenaje de grano húmedo para almacenar granos secos. Esta técnica consiste en el almacenamiento de granos en bolsas plásticas herméticas, donde el proceso respiratorio de los integrantes bióticos del granel (granos, hongos, insectos, etc.) consume el oxígeno (O₂) generando dióxido de carbono (CO₂). La constitución de esta nueva atmósfera, rica en CO₂ y pobre en O₂, suprime, inactiva o reduce la capacidad de reproducción y/o desarrollo de insectos y hongos, como así también la propia actividad del grano, facilitando su conservación.

La mayor ventaja que los productores encuentran en el uso de las bolsas plásticas para almacenar granos secos es que es un sistema económico y de baja inversión. El costo de comercialización del grano durante la época de cosecha es mayor que en el resto del año. Algunos estudios establecen que la diferencia entre enviar el grano al acopio o embolsarlo por un período de tres-cuatro meses genera un ahorro a los productores del 20-25% en trigo, 30-35% en maíz y 20-25% en soja dependiendo de la distancia a puerto, sistema de comercialización, etc. Además de estas ventajas económicas, las bolsas plásticas permiten almacenar granos de manera diferenciada, separando granos por calidad (trigos según calidad panadera), variedad (diferentes tipos de semillas), etc. , sin gran trabajo y con alta seguridad de mantener el material diferenciado. Por otra parte, las bolsas plásticas permiten el almacenaje de los granos en el mismo lote de producción, haciendo más ágil la cosecha. Durante la cosecha el sistema de transporte y la recepción de granos en el acopio constituyen verdaderos cuellos de botellas. La demanda de camiones durante la cosecha nunca llega a ser satisfecha, ocasionando incremento de precios del flete y problemas de logística en las empresas agropecuarias. El retraso ocasionado en la recepción del acopio muchas veces se traslada hacia atrás, hasta la cosecha misma. Las condiciones climáticas en el otoño, época de cosecha de maíz y soja, suelen ser críticas, y la pérdida de un solo día de trabajo puede causar cuantiosas pérdidas y numerosos problemas logísticos. Los productores no son los únicos beneficiados por el uso de las bolsas plásticas. Los acopios encuentran en las bolsas un sistema flexible que les permite incrementar su capacidad de almacenaje según las necesidades de acopio que tengan en un año en particular. Si la cosecha es importante, pueden embolsar parte del grano recibido, sin necesidad de realizar grandes inversiones. En cambio si la cosecha es inferior a la planificada, los acopios no se quedan con capacidad ociosa, maximizando la rentabilidad de sus instalaciones.

La proyección de la expansión del almacenaje en bolsas para los próximos años puede ser aun más importante de lo experimentado hasta el momento. Para la campaña 2001/2002 se estima que entre 2,3 y 2,6 millones de toneladas serán almacenadas en bolsas plásticas y se cree que esta tendencia se va a acentuar en los próximos años. Por los motivos expuestos surge la necesidad de generar información confiable que ayude a los productores a implementar esta técnica de manera correcta, a los fines de minimizar las pérdidas de calidad y maximizar las prestaciones de este sistema.

El principal objetivo del presente trabajo es determinar cual es el efecto de las variables humedad de grano y tiempo de almacenamiento sobre los parámetros de calidad del grano.

Antecedentes

Almacenaje hermético

Para que un sistema de almacenaje sea exitoso es necesario que se creen dentro del granel condiciones desfavorables al desarrollo de insectos y hongos y que además disminuya la propia actividad de los granos. El principio básico del almacenaje hermético es la eliminación del oxígeno existente en el depósito hasta un nivel que suprima o inactive la capacidad de reproducción y/o desarrollo de insectos plagas y hongos. Los procesos respiratorios de los integrantes bióticos del granel (granos, insectos, hongos, etc.) consumen el oxígeno existente en el ambiente, produciendo dióxido de carbono. Como el almacenaje hermético impide el pasaje de aire y gases entre el interior y el exterior del recipiente, una vez que la atmósfera se modifica, no se vuelven a crear condiciones favorables para el desarrollo de plagas, asegurándose su conservación en el tiempo. La energía que necesitan los seres vivos para crecer y desarrollarse se obtiene del proceso respiratorio y conforma una serie compleja de reacciones químicas iniciadas por enzimas presentes en los propios organismos. En presencia de O₂ se produce la respiración aeróbica, con la combustión completa de los hidratos de carbono, pasando de productos complejos como almidón, a CO₂, agua y energía. Parte de esa energía se transformará en calor, debido a reacciones exotérmicas y otra será utilizada para la síntesis de otros compuestos (Bogliaccini, 2001).



En ausencia de O₂ algunos organismos, como levaduras y bacterias, pueden vivir y desarrollarse descomponiendo hidratos de carbono en forma incompleta produciendo ácido láctico, acético y alcoholes. Esta reacción se llama fermentación, libera mucho menos calor que en presencia de aire y se produce en ambientes herméticos con un alto grado de humedad.



El almacenaje hermético de alimentos es una técnica muy antigua y ha adquirido diferentes formas a través del tiempo. En nuestro país hoy vuelve a resurgir en la forma de las bolsas plásticas. Si bien esta técnica no ha adquirido un desarrollo muy importante hasta el momento, se ha utilizado para la preservación de alimentos en situaciones particulares o de alimentos con valor agregado. En Argentina se instalaron celdas subterráneas herméticas con 2 millones de toneladas de capacidad durante la segunda guerra mundial ante la imposibilidad de exportar y la necesidad de conservar los granos por períodos largos de tiempo. Algunos de estos almacenajes aún están en uso y luego de 50 años puede decirse que su resultado es muy bueno (Bogliaccini, 2001). En Arkansas, USA, se almacena arroz a 12-13% de humedad en celdas planas de 18000 m³ de capacidad, donde la masa de granos se cubre con un film que es prácticamente impermeable a la difusión del aire. Siebenmorgen et al (1986), encuentran que en dichas condiciones la respiración de los granos, insectos y microorganismos produjo una atmósfera rica en CO₂ y pobre en O₂, inhibiendo la actividad de insectos y microorganismos.

Almacenaje en bolsas plásticas

Las bolsas plásticas son un tipo especial de almacenaje hermético. La mayoría de los trabajos realizados hasta el momento han sido experimentos de laboratorio o en bolsas a escala, en donde se trató de determinar el efecto de la humedad de almacenaje sobre la calidad de los granos de trigo, maíz y girasol. Estos trabajos, aunque útiles, son solo aproximaciones preliminares, ya que el comportamiento de la temperatura y la conformación del ambiente en el interior de las bolsas es diferente en los experimentos a escala que en las bolsas de tamaño comercial. No se han realizado en el país hasta el momento trabajos con rigor científico en bolsas de tamaño comercial. Como este sistema es una adaptación local de una técnica para almacenar granos húmedos, tampoco se encontraron trabajos en el exterior.

Casini (1996), realizó ensayos en laboratorio almacenando granos de trigo en bolsas plásticas herméticas con humedad de 12, 14 y 16% a 22-23 °C durante 60, 116, 136 y 208 días. La humedad inicial del trigo fue de 12%, el cual fue rehumedecido hasta alcanzar el 14 y 16%. El poder germinativo (PG) inicial fue de 94%, el cual se mantuvo en las bolsas con trigo almacenado a 12% de humedad durante 208 días, en tanto que a 14% de humedad el PG final se redujo a 62%, y a 3% a 16% de humedad. La calidad panadera también fue afectada por la relación humedad tiempo de almacenamiento. A 12% de humedad la calidad panadera se mantuvo durante todo el período de almacenamiento, en tanto que a 14% se observó un deterioro, y a 16% el deterioro fue mucho mayor. En otro trabajo, Casini (1996) realizó un ensayo embolsando 20 toneladas de trigo a 13% de humedad, donde encontró que el PG (96% inicial) y la calidad panadera no fueron afectados durante el período de almacenamiento, pero no se informa el tiempo de almacenamiento. A su vez recomienda que a 13% de humedad no se superen los 60 días de

almacenamiento, y si se quiere almacenar por más de 60 días se debe secar el grano por lo menos a 11%. Bartosik y Rodríguez (1999) realizaron ensayos embolsando maíz en bolsas de 50 kg a 13.6, 15 y 17% de humedad durante un período de cuatro meses. La calidad comercial del maíz (grano dañado y peso hectolítrico) no se afectó luego de los cuatro meses de ensayo en las bolsas con 13.6% de humedad, en tanto que a 15% la calidad comienza a deteriorarse a partir de los 2 meses, y a 17% el deterioro comienza antes de los 2 meses. Los mismos autores hicieron estudios en una bolsa de 3500 kg de maíz a 14% de humedad. Encontraron que la oscilación diaria de la temperatura alcanza los primeros 15-20 cm superficiales, mientras que el resto del grano no sufre alternancias diarias de temperatura. Casini (1996) trabajando con girasol, embolsó semillas en bolsones plásticos en condiciones de campo (no laboratorio) en tres rangos de humedades, 8-10%, 10-12% y 12-14% a partir del mes de marzo. Informó no haber observado aumento de la temperatura de la semilla durante el ensayo. Las determinaciones de calidad establecieron que con humedades hasta 12% no se observó aumento considerable de la acidez en los primeros cuatro meses. Además, la semilla se conservó bien durante cuatro meses a 12-14% y hasta siete meses con menos de 12%. Al finalizar el ensayo la acidez de la semilla en las bolsas era de 1 a 2.2% y en las celdas (testigo) era de 1.6%.

Efecto de la hermeticidad sobre la actividad de los insectos

La actividad respiratoria de los insectos y granos confinados provocan la caída en los niveles de O₂ y el aumento de CO₂ en el granel confinado en un ambiente hermético. Cuanto mayor es la actividad del granel, más rápido será el consumo de O₂ y la generación de CO₂. Oxley y Wickenden (1963), citado por Bogliaccini (2001), estudiaron el consumo de O₂ y la generación de CO₂ en trigo confinado infectado con 13 y 133 gorgojos (*Sitophilus granarius*) por kg. Ellos encuentran que en el trigo infectado con 13 gorgojos por kg la producción de CO₂ fue en incremento hasta los 20 días, donde se estabilizó en 14%, en tanto que aproximadamente el nivel de O₂ disminuyó desde 21% a 2%. En el caso del trigo infectado con 133 gorgojos por kg el consumo de O₂ fue mucho más rápido, disminuyendo a 3% en solo 5 días y a casi 0% en 10 días.

La bibliografía referida al control de insectos con atmósferas modificadas es extensa y ha merecido importantes revisiones (Annis, 1986). Estos trabajos se basan en la modificación de la atmósfera a través de la adición de gases (N₂ o CO₂) para eliminar el oxígeno y crear un ambiente desfavorable al desarrollo de insectos y hongos. La literatura establece que concentraciones de CO₂ y O₂, tiempo de exposición, especie de insecto, estado de desarrollo (huevo-larva-pupa-adulto), temperatura y humedad relativa son los principales factores que influyen la mortalidad de los insectos en los tratamientos de control. Los estudios de control de insectos con atmósferas controladas o modificadas se pueden separar en: atmósferas con baja concentración de O₂ y atmósferas enriquecidas con CO₂.

Atmósferas con baja concentración de oxígeno: la mayoría de los trabajos se refieren a atmósferas con concentraciones de O₂ menores a 1%. Estas atmósferas se logran agregando N₂, CO₂ o cualquier otro gas. La mayoría de las especies estudiadas mostraron una mortalidad de 95% o más durante 10 días de exposición, tanto en atmósferas con 0,1 o 1% de O₂ (Annis, 1986).

Atmósferas enriquecidas con CO₂: cuando la concentración de O₂ es menor a 5% se observa un incremento en la mortalidad. Los datos de eficacia de control de insectos con atmósferas con menos de 20% de CO₂ son confusos. No se sabe cual sería el tiempo de exposición requerido para lograr un control total, pero sería superior a los 25 días (Annis, 1986). En los tratamientos de fumigación con CO₂, el producto de la concentración de CO₂ y tiempo de exposición (de aquí en adelante llamada ct-producto) es utilizado para representar la dosis (Alagusundaram et al, 1995). A una determinada temperatura y contenido de humedad, la mortalidad de los insectos es influenciada por la concentración del gas y el tiempo de exposición. Para realizar un control total de la mayoría de las plagas de granos almacenados en atmósferas enriquecidas con CO₂, Bank y Annis (1980), recomiendan una relación ct-producto de 12600%h, en tanto que Annis (1986) recomienda elevar la dosis a 16000%h. En teoría esta dosis se podría cumplir con cualquier relación concentración/tiempo, pero la mayoría de los trabajos realizados parten de una dosis mínima de 40% de CO₂. Bartosik et al (2001), encuentran que para una misma relación ct-producto, aquella conseguida con la menor dosis y mayor tiempo de exposición fue la más efectiva. Esta sería una situación favorable para las bolsas, ya que la concentración de CO₂ lograda no sería muy elevada, pero el tiempo de exposición puede ser lo suficientemente prolongado como para realizar un buen control. La literatura demuestra que el control de insectos con CO₂ a bajas dosis es igualmente efectivo. White y Jayas (1993), lograron un control completo de *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens) con 29% de CO₂ durante dos semanas de exposición (ct-producto 9744 %h) con temperaturas declinando de 25 a 20°C. A una concentración aun más baja (20%) y a una temperatura ligeramente más alta (25 ± 3°C), *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens) pudo ser controlado en 4-6 semanas (ct-producto desde 13440 hasta 20160 %h) (White et al, 1990).

La humedad relativa del granel también tiene efecto sobre la actividad de los insectos. A muy bajas humedades relativas se produce una pérdida de agua a través de la cutícula, lo que causa el desecamiento y el aumento de la mortalidad de los insectos. Aunque existen especies que logran soportar humedades relativas del orden del 10%, la gran mayoría muere. Por ejemplo, el gorgojo del arroz (*Sitophilus orizae*) tiene una humedad relativa crítica del 60%, por debajo de ésta aumenta su mortalidad. En el caso del trigo, una humedad relativa del 60% corresponde a un contenido de humedad del grano de 12.9 % a 25°C (Bogliaccini, 2001).

La temperatura afecta no solo la actividad de los insectos, sino también la de todo el granel. Los insectos plagas de los granos son un gran problema en climas tropicales o subtropicales, no obstante pueden causar serios problemas en climas templados. El óptimo de desarrollo de los insectos de los granos se encuentra entre 25-30 °C (Yanucci, 1996), pero con temperaturas por encima de 10°C algunas especies pueden causar problemas (Brooker et al, 1992). La respiración del grano también está influenciada por la temperatura del granel (tabla 1).

| Temperatura (°C) | Anhidrido carbónico respirado (mg/100 gr de grano/24 horas) |
|------------------|---|
| 4 | 0,24 |
| 25 | 0,45 |
| 35 | 1,30 |
| 45 | 6,61 |
| 55 | 31,73 |
| 65 | 15,71 |
| 75 | 10,28 |

Tabla 1. Respiración de trigo duro de primavera con 15% de humedad a diferentes temperaturas (Bogliaccini, 2001).

Cuanto más baja es la temperatura del granel, menor es la actividad biológica en el mismo. A bajas temperaturas disminuye la actividad de los insectos (disminuye el riesgo de infección y el consumo de materia seca) y la de los propios granos, mejorando las condiciones de almacenamiento de los mismos.

El almacenaje en bolsas además de crear un ambiente poco favorable para el desarrollo de insectos en su interior, también reduce notablemente la posibilidad de contaminación del granel. Las vías de infestación en los graneles pueden ser: 1) en el campo, 2) en instalaciones contaminadas previo al ingreso del grano y 3) infestación posterior de granos ya almacenados. Con el almacenaje en bolsas plásticas la única vía posible de infestación es a campo. Si el grano viene con insectos desde el campo, estos van a ingresar a la bolsa junto con los granos. En cambio, la segunda vía no es factible debido a que las bolsas son descartables por lo que no hay posibilidad que estén contaminadas antes de su uso. Este es un aspecto muy importante porque esta segunda alternativa generalmente es la fuente más importante de contaminación del granel. La tercera vía también es eliminada, ya que la bolsa cerrada herméticamente constituye una barrera que impide la entrada de cualquier tipo de insectos.

Efecto de la hermeticidad sobre la actividad de los hongos

Los hongos necesitan humedades relativas por encima de 67% (promedio) para desarrollarse. Esa humedad relativa corresponde a un contenido de humedad de 13.6% en maíz, 13.7% en trigo y 12% en soja a 25°C (ASAE, 1988). Dentro de los daños que causan los hongos posiblemente el más importante es la producción de micotoxinas. No todas las colonias de hongos producen toxinas, debido a que su producción esta influenciada por el sustrato, el pH, concentración de O₂ y CO₂ y estrés hídrico. Sin embargo, a medida que las condiciones de temperatura y humedad sean las adecuadas, las especies fúngicas que acompañan a los granos almacenados se van a desarrollar, aumentando las posibilidades de producción de toxinas (Bogliaccini, 2001). Moreno et al (1987), almacenaron semillas de maíz, inoculadas y no inoculadas con hongos, a 15.7 y 17.1% de humedad bajo tres situaciones diferentes; condiciones ambientales, almacenaje hermético y atmósfera controlada (AC 92-88% CO₂). En almacenaje hermético y en AC no se observó desarrollo de hongos en semillas no inoculadas, en tanto que en almacenaje bajo condiciones ambientales se observó un fuerte desarrollo de hongos. El almacenaje de semillas no inoculadas en recipientes herméticos no afectó el PG, en tanto que se observó una disminución de dicho parámetro a 14 y 31% en los tratamientos de AC y condiciones ambientales respectivamente. La disminución del PG en el tratamiento de AC puede deberse a ciertos efectos fitotóxicos que se producen cuando la concentración de CO₂ supera el 60%. El almacenaje de semillas inoculadas mostró un fuerte desarrollo de hongos y una caída del PG a 0% en el caso de los tratamientos AC y condiciones ambientales, en tanto que en el tratamiento de almacenaje hermético este efecto fue

menos severo. Baran et al (1993), encontraron que atmósferas enriquecidas con CO₂ estabilizaron el crecimiento de hongos y retardaron la síntesis de micotoxinas en maíz contaminado con *Aspergillus*.

Materiales y Métodos

En la estancia San Lorenzo, de Zubiaurre S.A., en el partido de Tandil, provincia de Buenos Aires, se realizó un ensayo almacenando granos de girasol (Van der Haven 480) en bolsas plásticas (sistema silobag), con dos contenidos de humedad diferentes 8,4% de humedad (mínimo 8% y máximo 9,2%) y 16,4% de humedad (mínimo 13,3% y máximo 18,5%) durante un período de 160 días (la totalidad del ensayo involucra además granos de maíz, soja y trigo) a los efectos de estudiar la evolución de diferentes parámetros de calidad en el tiempo. El embolsado se realizó con una máquina Silograin-Martínez y Staneck S.A. Se emplearon bolsas comerciales de marca Ipesasilo de 220 pies de largo, 9 pies de diámetro y 250 micrones de espesor. Las bolsas están confeccionadas con material tricapa, con el interior color negro y la capa exterior color blanco.

Los ensayos comenzaron en el momento de cosecha del grano y se extendieron durante un total de 160 días. El llenado se realizó el 8 de marzo de 2001 y el ensayo se prolongó hasta el 15 de agosto de 2001.

Muestreo:

La recolección de muestras se realizó al comienzo del ensayo, a los 47 días, a los 105 días y al finalizar el ensayo (160 días). Las muestras se toman perforando la bolsa con un calador sonda, discriminadas según su profundidad (3 profundidades, superior, media e inferior), en tres sitios diferentes (3 repeticiones), totalizando 9 submuestras por cada muestreo y 36 durante todo el ensayo por cada una de las bolsas. Luego del muestreo se sella el orificio con cintas adhesivas para mantener la hermeticidad del sistema. Las muestras iniciales de girasol se tomaron a medida que el grano estaba siendo embolsado, por lo que se obtuvo una muestra representativa de la totalidad de la masa de granos, pero no se estableció si hubo diferencias iniciales en los parámetros de calidad del grano según la posición del mismo en la bolsa.

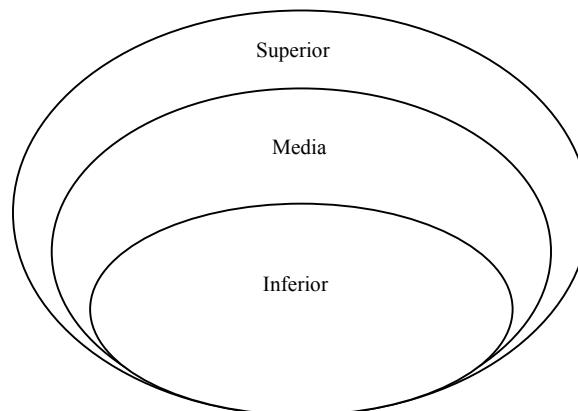


Figura 1. Zonas de muestreo según la posición del grano en la bolsa.



Figura 2
Toma de muestra
perforando la bolsa
con calador sonda.



Figura 3. Muestra extraída y extendida sobre un catre.



Figura 4. Muestra separada según su ubicación en la bolsa (superior, media e inferior).



Figura 5. Sellado de los orificios producidos por el muestreo.

Parámetros de calidad evaluados:

De cada una de las submuestras se miden parámetros de calidad tales como energía y poder germinativo. Estos análisis se realizaron para todos los granos ensayados con el objetivo de observar el efecto del embolsado sobre la calidad comercial del producto y también para determinar la factibilidad de uso de esta técnica en el almacenaje de semillas. Además de estos análisis generales, se realizan análisis de calidad industrial específicos para cada grano en particular. En el caso de girasol se realizaron análisis de contenido de materia grasa y de acidez de la misma para observar el efecto de esta técnica de almacenaje sobre la calidad comercial de dichos granos.

Poder germinativo: se utiliza para evaluar la viabilidad de la semilla para producir una nueva planta. Se colocan 100 granos en condiciones estándar de temperatura y humedad durante 7 días, finalizados los cuales se realiza un conteo de la cantidad de semillas que dan origen a una plántula viable y se determina el porcentaje. Este índice es muy sensible y permite detectar rápidamente si el grano ha sido “fisiológicamente” afectado por el almacenaje.

Calidad comercial: indica la aptitud del girasol para su comercialización. Incluye análisis de porcentaje de cuerpos extraños, semillas de chamico en 100 g de muestra, porcentaje del contenido de materia grasa y acidez de la materia grasa. Estos análisis fueron realizados por el Laboratorio de Diagnósticos Agrícolas, Calidad Total de Necochea, sucursal Balcarce.

Humedad de embolsado

Las determinaciones del contenido de humedad de las muestras se realizaron en el laboratorio por medio de estufa. Desde el momento de la recolección hasta la llegada al laboratorio, las muestras se mantuvieron identificadas en bolsas de polietileno de sellado hermético para no producir variaciones en los niveles de humedad.

Temperatura

El seguimiento de la temperatura se realizó mediante dataloggers que colectaron valores de temperatura horarias durante todo el período del ensayo en ambas bolsas, girasol a 16,4% de humedad y a 8,4% de humedad. Se tomaron valores de temperatura ambiente y de grano. La temperatura del grano fue tomada en tres posiciones dentro de la bolsa, superior, media e inferior. La temperatura de la posición superior corresponde al grano que está próximo a la superficie (0 a 10 cm), la temperatura de la posición media corresponde al grano ubicado aproximadamente en el centro de la bolsa, y la temperatura de la posición inferior corresponde al grano próximo al piso de la bolsa. Los sensores se ubicaron con la ayuda de varillas de hierro para alcanzar los lugares deseados y luego los orificios producidos por la colocación de estos elementos fueron tapados con selladores para mantener la hermeticidad del sistema.



Figura 6. Instalación de sensores de temperatura en el interior de las bolsas. Cada una de las varillas corresponde a una ubicación dentro de la bolsa (superior, media e inferior).



Figura 7. Instalación de la caja hermética conteniendo los dataloggers para la recolección de datos de temperatura.

Dióxido de carbono:

Se realizó un seguimiento de la concentración de CO_2 durante el período del ensayo a los fines de determinar si se alcanzan valores que permitan realizar un control natural de los insectos. Las concentraciones se midieron a diferentes profundidades en el interior de las bolsas, con la intención de establecer si la concentración de CO_2 es uniforme o si se crean zonas de menor concentración y potencialmente riesgosas para el desarrollo de insectos. La medición de CO_2 se realizó con un analizador rápido de anhídrido carbónico y oxígeno marca Illinois Instruments 3600 (Ingleside, Illinois, USA).



Figura 8. Determinación de la concentración de O_2 y CO_2 en el interior de las bolsas.

Actividad de insectos:

Para determinar el efecto de la atmósfera modificada que se produce en el interior de la bolsa sobre la actividad de los insectos se colocaron celdas conteniendo gorgojos vivos a diferentes profundidades en el interior de las bolsas. Para ello se confeccionaron tubos de plástico de 1,5 m de longitud con 3 divisiones que se insertaron en la masa de granos. En el interior de cada una de las divisiones se colocaron 30 gorgojos vivos encerrados en una malla plástica rellena de granos de girasol. Los insectos estuvieron expuestos a las diferentes atmósferas conformadas en el interior de la bolsa, desde la zona próxima a la superficie hasta la zona del piso de la bolsa. Por cada bolsa se colocaron 9 tubos (3 repeticiones x 3 épocas de muestreo).



Figura 9. Colocación de los tubos conteniendo celdas con insectos vivos en el interior de las bolsas.

Resultados y discusión

Evolución de la temperatura del grano

El ensayo de girasol comenzó el 8 de marzo con temperatura ambiente moderada (26,5°C). En el momento de la confección de las bolsas la temperatura del grano a 8,4% de humedad fue de 27,8°C en promedio, con un rango entre 23,8 y 30,7°C (Gráfico 1) y el grano embolsado a 16,4% de humedad, presentaba una temperatura promedio de 34,5°C, con un rango entre 33,8 y 35,2°C (Gráfico 2). Se puede observar que la temperatura promedio del grano que se embolsó a 16,4% de humedad, fue considerablemente más elevada que la embolsada a 8,4% de humedad promedio. Desde el inicio del ensayo la temperatura del grano en el interior de la bolsa desciende acompañando el descenso de la temperatura ambiente (Gráficos 1 y 2). La temperatura del medio de la bolsa de grano a 16,4% de humedad promedio, presenta un pequeño incremento de 1,6°C en los primeros 7 días; éste incremento es aún menor (1,2 °C) para la temperatura de la parte inferior de la bolsa y ocurre en los primeros 2 días. Para el grano almacenado a 8,4% de humedad promedio, el pequeño incremento de temperatura (1,4°C), sólo ocurre en la zona inferior de la bolsa y dentro de los primeros 3 días. Tanto en el Gráfico 1 como en el Gráfico 2, se observa que la temperatura ambiente fue bajando desde el inicio del ensayo en forma suave y paulatina hasta un mínimo de aproximadamente 3°C el 24 de julio, para luego comenzar a subir muy suavemente hasta un pico máximo de alrededor de 15°C el 13 de agosto. Se puede observar que las temperaturas de girasol a 8,4% de humedad y a 16,4% de humedad para las diferentes posiciones siguen esta evolución sin llegar a los valores mínimos y máximos enunciados. En ambas bolsas se observa que el grano próximo a la superficie sigue muy de cerca la evolución de la temperatura ambiente debido al intercambio de calor con el ambiente exterior más frío. Por este motivo el girasol en la superficie de la bolsa siempre estuvo más frío que en el resto de la masa de girasol. La temperatura del girasol próximo al piso de la bolsa también comienza a descender desde el momento de inicio del ensayo, pero su descenso es más lento que en el grano de la superficie. El calor del grano de la parte inferior de la bolsa fue disipado directamente al suelo. El grano en la parte central de la bolsa no puede disipar el calor al ambiente ni al suelo, por lo que el descenso de la temperatura en la parte central de la bolsa fue más lento que en resto del granel. La influencia de la oscilación diaria de la temperatura ambiente solo alcanza la parte superficial del granel, perdiéndose su efecto a medida que se profundiza en la bolsa.

La capacidad de la bolsa de disipar el calor del grano fue muy importante. El girasol a 8,4% de humedad disminuyó en promedio, respecto a la temperatura inicial, 10,28, 14,10 y 18,16°C a los 47, 105 y 160 días de almacenaje respectivamente, en tanto que para grano a 16,4% de humedad la disminución de la temperatura durante el mismo período de tiempo fue de 14,11, 18,06 y 22,23°C. La temperatura final del grano, tanto en la bolsa de girasol a 8,4% como a 16,4% de humedad, fue lo suficientemente baja como para no presentar inconvenientes en su conservación.

Temperatura - Girasol Seco

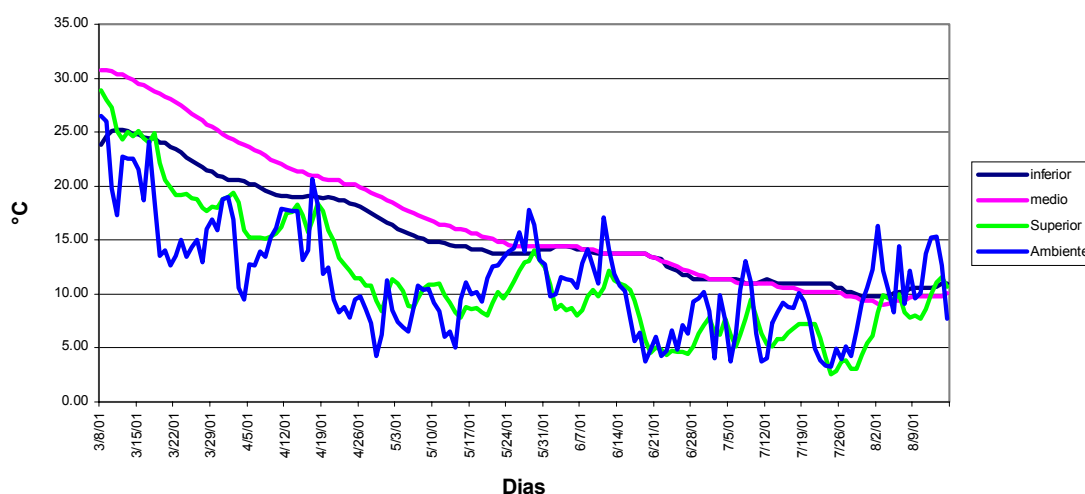


Gráfico 1. Evolución de la temperatura ambiente y del grano (promedio de 24 hs) durante el período de duración del ensayo para las diferentes alturas del grano en la bolsa de girasol a 8,4% de humedad promedio.

Temperatura - Girasol Húmedo

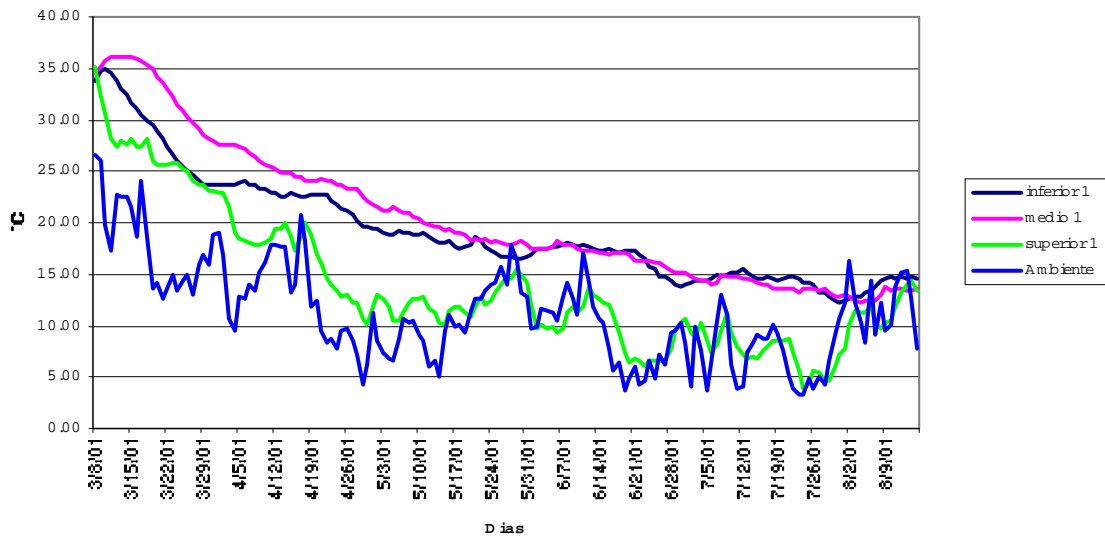


Gráfico 2. Evolución de la temperatura ambiente y del grano (promedio de 24 hs) durante el período de duración del ensayo para las diferentes alturas del grano en la bolsa de girasol a 16,4% de humedad promedio.

Evolución de la humedad del grano

La humedad inicial promedio del girasol seco fue de 8,4% de humedad. Si bien se observa un pequeño aumento de la humedad promedio en la bolsa este aumento no es estadísticamente significativo. En la bolsa de girasol húmedo, la humedad inicial promedio fue de 16,4%, y al igual que en el girasol a 8,4% de humedad la variación de la humedad en el tiempo tampoco es estadísticamente significativa, lo cual indica que las bolsas se comportaron como un sistema verdaderamente hermético al paso del agua, ya que en ningún caso hubo ni pérdida ni ganancia de humedad durante el período del ensayo. Se ha observado una pequeña diferencia de humedad estadísticamente significativa en el tiempo, con respecto a la parte superior de la bolsa (8,25%, 8,59% y 9,47% inferior, medio y arriba respectivamente a los 47 días). No hubo diferencias significativas entre la humedad de la parte inferior y del medio de la bolsa y si hubo entre estas dos y la parte superior. A los 105 días estas diferencias son significativas para los tres niveles observados (8,04%, 8,59% y 9,60% de humedad en los tres niveles respectivamente) volviendo a ser solo significativa la diferencia con la capa superior a los 160 días (8,28%, 8,65% y 9,52% de humedad respectivamente). Dado que la humedad inicial fue obtenida de una muestra compuesta masal y no por ubicación dentro de la bolsa, este resultado no nos permite saber si esta variación se da por migraciones de humedad hacia la zona superior o si se debe a una estratificación aleatoria inicial. Si tenemos en cuenta que no se obtuvieron diferencias significativas en los promedios de cada nivel, la posibilidad de migración sería improbable. En el caso del girasol embolsado con 16,4% de humedad promedio, se observan diferencias significativas entre la humedad de la capa superior y la capa inferior (47 y 105 días). Sobre el final del ensayo (160 días) la diferencia se da entre la capa superior y los otros dos niveles. Por la incipiente condensación en la parte superior de la bolsa se puede afirmar que se produjo una migración de agua debido principalmente al alto contenido del porcentaje de humedad del material almacenado.

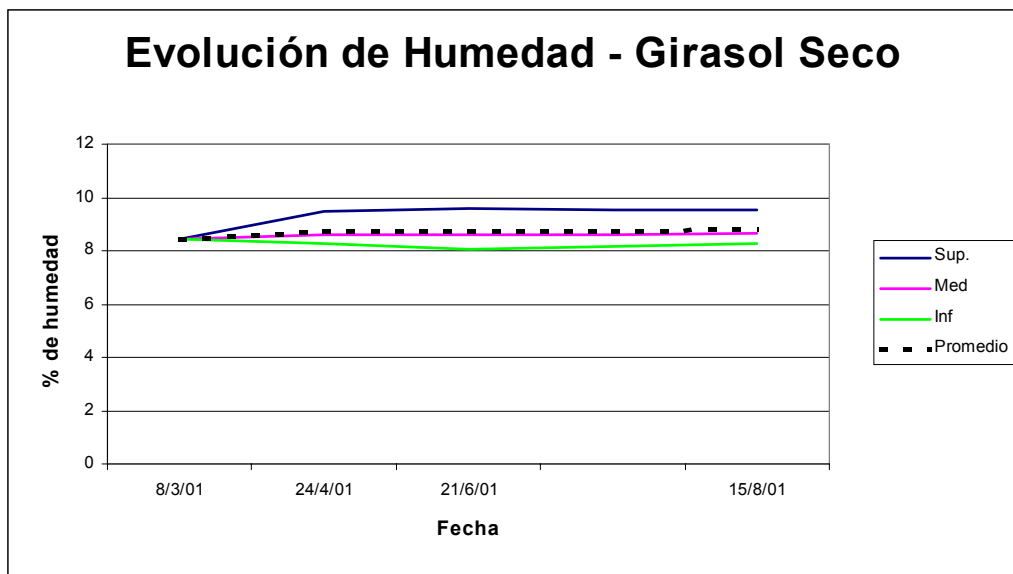


Gráfico 3. Evolución de la humedad del grano durante el período del ensayo para las diferentes alturas del grano en la bolsa de girasol a 8,4% de humedad.

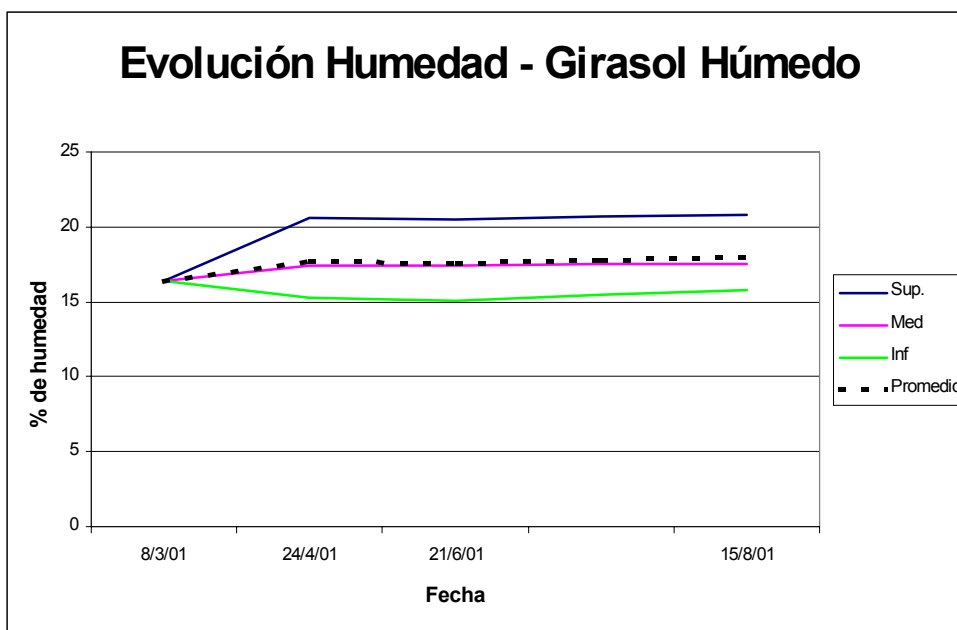


Gráfico 4. Evolución de la humedad del grano durante el período del ensayo para las diferentes alturas del grano en la bolsa de girasol a 16,4% de humedad.

Evolución del contenido de Aceite

En cuanto al contenido de aceite de las muestras obtenidas en el girasol embolsado con 8,4% de humedad de promedio no se encuentran diferencias significativas a lo largo del período en que duró el ensayo así como tampoco se hallaron entre los niveles inferior, medio y superior en ninguno de los momentos en que estos se realizaron (0, 47, 105 y 160 días, Gráfico 5)

Cuando el girasol se embolsó con una humedad promedio de 16,4% de humedad se observó una caída significativa en el contenido de materia grasa entre los 105 y los 160 días de almacenaje (46,02%, 48,29% y 45,7% a los 47, 105 y 160 días respectivamente). Esto se explicaría solamente por un error en la obtención de la muestra pues la diferencia no es significativa entre los 47 y 160 días. Cuando se analiza la diferencia entre las capas superior media e inferior dentro de la bolsa no se encuentran diferencias significativas en las distintas fechas de muestreo (Gráfico 6).

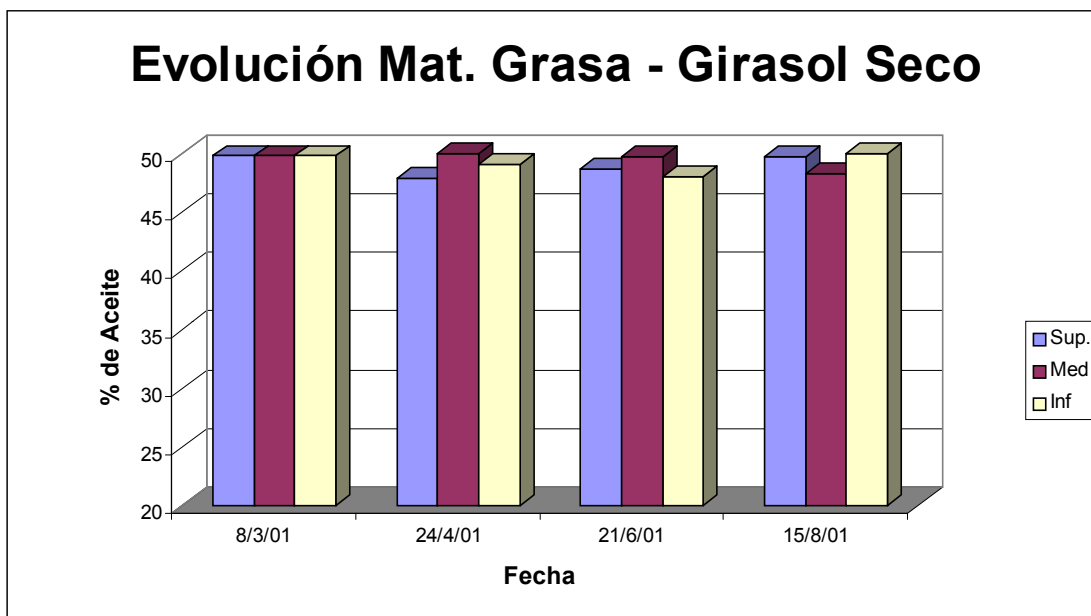


Gráfico 5: Evolución del contenido de aceite (en %) en girasol embolsado con 8,4% de humedad promedio

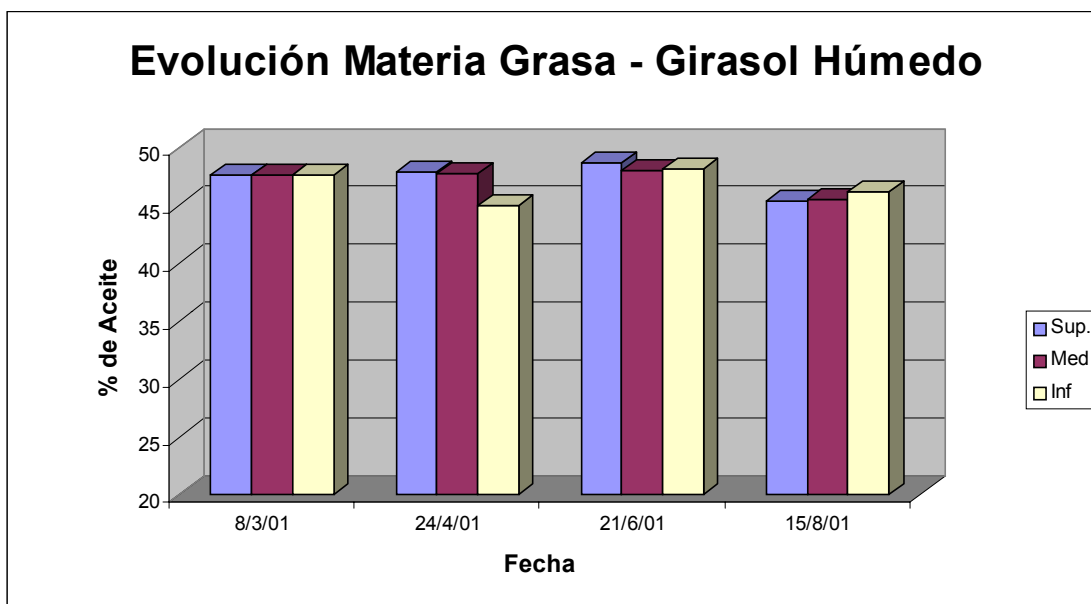


Gráfico 6: Evolución del contenido de aceite (en %) en girasol embolsado con 16,4% de humedad promedio

Acidez de la Materia Grasa

Se observa hacia el final del ensayo un incremento del nivel del índice de acidez en el girasol almacenado en la bolsa con 8,4% promedio de humedad (0,88%, 0,41%, 0,46% y 1,39% para los 0, 47, 105 y 160 días respectivamente) estadísticamente significativo; sin embargo este incremento del índice de acidez no afecta la calidad comercial pues se encuentra por debajo del nivel de la base de comercialización del girasol (1,5% hasta el 31 de agosto y 2% a partir del 1 de setiembre). Las diferencias halladas entre los distintos niveles muestreados (inferior, medio y superior) del material embolsado no son estadísticamente significativas (Gráfico 7).

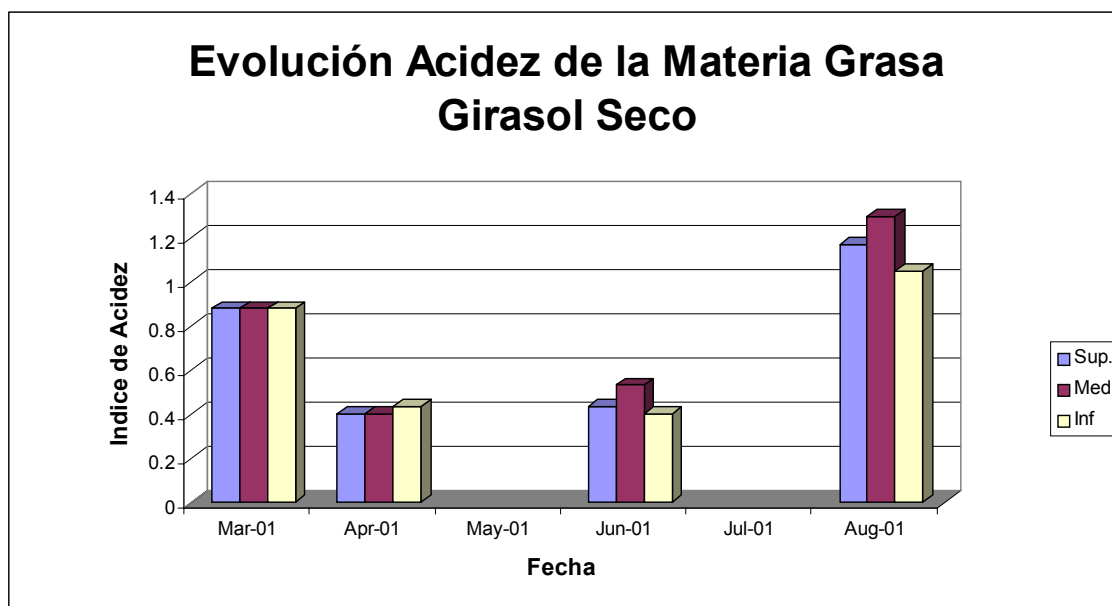


Gráfico 7: Evolución del Índice de Acidez de la materia grasa del girasol embolsado con 8,4% de humedad promedio

Cuando se almacenó el girasol con 16,4% de humedad promedio los niveles de acidez aumentaron significativamente hacia el final del período ensayado, alcanzándose valores de 0,96%, 0,62%, 0,74% y 3,88% respectivamente para los muestreos inicial, 47 días, 105 días y 160 días respectivamente; la medición a los 160 días es superior al nivel de la base de comercialización del girasol. Estos índices obtenidos son parejos en toda la masa de la oleaginosa almacenada en la bolsa, no observándose diferencias significativas entre los niveles superior, medio e inferior respecto de la ubicación dentro de la bolsa (Gráfico 8).

Poder Germinativo y Energía Germinativa

En el caso del presente ensayo se tropezó con el inconveniente que los niveles de poder germinativo y energía germinativa hallados en el girasol almacenado fueron muy malos en la mercadería previo a su embolsado. Luego de hacer todo tipo de test para lograr niveles lógicos, venciendo probables dormancia o latencia que pudiera presentar la semilla por ser recién cosechada, no se lograron resultados satisfactorios, de modo que este tipo de análisis no se siguió realizando en los muestreos sucesivos, pues no se obtendría ninguna información valiosa a los fines del presente trabajo.

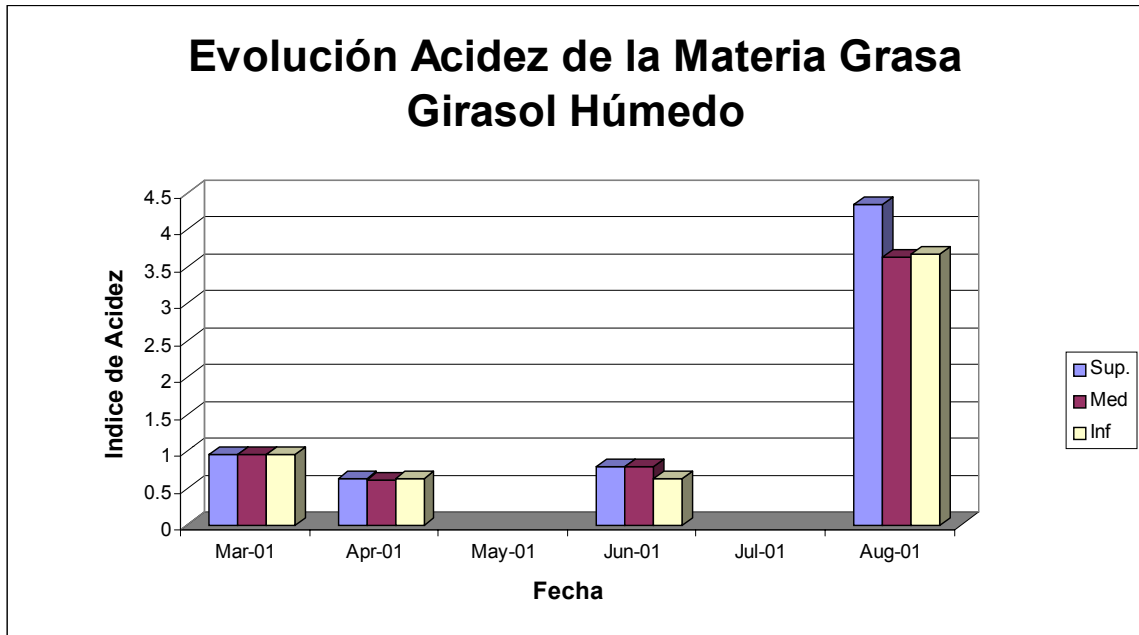


Gráfico 8: Evolución del Índice de Acidez de la materia grasa del girasol embolsado con 16,4% de humedad promedio, a través de los 160 días que duró el ensayo

Evolución de CO₂ y O₂

Las mediciones de gases dentro de las bolsas se realizaron los días 11 de abril y el 5 de julio respectivamente y los valores se presentan en las tablas 2 y 3

| | 34 días | | 125 días | |
|----------|------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|
| | CO ₂ (%) | O ₂ (%) | CO ₂ (%) | O ₂ (%) |
| Inferior | 16,5 | 5,1 | 19,5 | 4,5 |
| Medio | 16,5 | 5,2 | 18,5 | 4,5 |
| Superior | 16,5 | 5,2 | 18,6 | 4,6 |
| Promedio | 16,5 | 5,13 | 18,86 | 4,53 |

Tabla 2: Porcentajes de CO₂ y O₂ medidos a los 34 y 125 días en la bolsa con girasol a 8,4% de humedad de promedio

| | 34 días | | 125 días | |
|----------|------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|
| | CO ₂ (%) | O ₂ (%) | CO ₂ (%) | O ₂ (%) |
| Inferior | 70,0 | 5,0 | 69,5 | 4,5 |
| Medio | 70,5 | 4,9 | 70,4 | 4,6 |
| Superior | 70,5 | 4,9 | 70,0 | 4,9 |
| Promedio | 70,33 | 4,93 | 69,96 | 4,66 |

Tabla 3: Porcentajes de CO₂ y O₂ medidos a los 34 y 125 días en la bolsa con girasol a 16,4% de humedad de promedio

Como se puede observar en las tablas 2 y 3, los niveles de dióxido de carbono se incrementan notablemente, sobre todo en el caso de la bolsa con girasol a 16,4% de humedad promedio. En ambos casos se observa una caída similar en el nivel porcentual de oxígeno. Las mediciones efectuadas no

determinaron diferencias de concentración de gases entre los niveles de ubicación (inferior, medio y superior) dentro de la bolsa.

Actividad de insectos

No se observó la presencia de un solo insecto vivo en ninguno de los momentos de medición, tanto en la bolsa de girasol a 8,4% de humedad como en la de a 16,4% de humedad. La bibliografía cita que con una relación concentración de CO₂ tiempo de exposición (ct-producto) de 9744%h se logra un control total de insectos (White y Jayas, 1993). Considerando que en el grano a 8,4% de humedad, a los 34 días de almacenaje se acumuló una relación ct-producto de 13464%h (816 hs * 16,5%), sería posible atribuir la mortalidad de los insectos a la dosis de CO₂ recibida. En el girasol a 8,4% de humedad otro factor que pudo haber incidido en la mortalidad de los insectos fue el contenido de humedad del grano. El girasol a 8,4% de humedad posee una humedad relativa de equilibrio inferior a 70% (humedad del aire intergranario). Existen evidencias que humedades relativas bajas pueden causar mortalidad de insectos por efecto de deshidratación (Bogliaccini, 2001).

En el caso del girasol a 16,4% de humedad la dosis de ct-producto acumulada a los 34 días fue de 57528%h (816 hs * 70,5%). Este valor sería más que suficiente para realizar un control total de insectos. Además, el girasol a 16,4% de humedad posee un contenido de humedad relativa de equilibrio lo suficientemente alto como para no afectar la mortalidad de los insectos, por lo cual el control de los mismos podría atribuirse a la combinación de dosis de CO₂ recibida y tiempo de exposición a la misma.

Tabla 4. Efecto sobre control de insectos

Determinación de insectos vivos en girasol a 8,4% de humedad

| Posición | Inicial | | | Momento de observación | | | | | | | | |
|----------|---------|----|----|------------------------|---|---|----------|---|---|----------|---|---|
| | | | | 47 días | | | 105 días | | | 160 días | | |
| Inferior | 10 | 10 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Medio | 10 | 10 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Superior | 10 | 10 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Promedio | 30 | | | 0 | | | 0 | | | 0 | | |

Determinación de insectos vivos en girasol a 16,4% de humedad

| Posición | Inicial | | | Momento de observación | | | | | | | | |
|----------|---------|----|----|------------------------|---|---|----------|---|---|----------|---|---|
| | | | | 47 días | | | 105 días | | | 160 días | | |
| Inferior | 10 | 10 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Medio | 10 | 10 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Superior | 10 | 10 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Promedio | 30 | | | 0 | | | 0 | | | 0 | | |

Conclusiones

- Al igual que en el trigo que forma parte del mismo trabajo, la temperatura del grano en las bolsas sigue la evolución de la temperatura ambiente lográndose un marcado descenso de la misma durante el tiempo de almacenaje. Dicha evolución fue influenciada por la posición del grano en la bolsa. El grano de la parte superior presenta un descenso casi inmediato de la temperatura, por disipación del calor al aire ambiente más frío que el grano. El grano ubicado en la parte inferior de la bolsa disipa el calor al piso, pero a una menor velocidad, en tanto que el grano del centro de la bolsa es el que más tiempo tarda para bajar su temperatura. Las diferentes velocidades de disipación del calor según la zona de la bolsa trajo aparejado diferencias en el régimen térmico del grano según su ubicación. A medida que transcurre el tiempo las diferencias entre las zonas de la bolsa se hacen menos notables. Otro aspecto destacable fue que la bolsa de grano a 8,4% de humedad siempre presentó temperaturas promedios inferiores al grano a 16,4% de humedad.
- No se ha observado variación alguna en el contenido de humedad promedio tanto en la bolsa de girasol a 8,4% como la de a 16,4% de humedad durante todo el período de almacenamiento. Se ha observado estratificación de humedad según la posición del grano en la bolsa en los dos tratamientos. No se observaron migraciones de humedad que produjeran condensación en la parte superior de la bolsa almacenada con 8,4% de humedad promedio y en el caso del girasol embolsado con 16,4% en promedio de humedad, se produjeron migraciones con condensación en la parte superior.
- El contenido de aceite no sufrió variaciones ni en el tiempo ni por niveles de ubicación dentro de la bolsa en ninguno de los dos tratamientos.
- La acidez de la materia grasa en ambos tratamientos se incrementa hacia el final del período de ensayo. Este incremento en el girasol almacenado con 8,4% de humedad promedio no supera los valores de la base de comercialización del girasol. Con el grano almacenado con mayor humedad (16,4%) el índice supera la base de comercialización en la medición de los 160 días.
- La respiración del grano produjo un aumento en la concentración de CO₂ y disminución de O₂ en el interior de las bolsas. La variación de la concentración de dichos gases fue influenciada por el contenido inicial de humedad del grano, presentando la bolsa de grano a 16,4% de humedad siempre concentraciones mucho más altas de CO₂ que la bolsa de grano a 8,4% de humedad. No se observaron diferencias en la concentración de gases relacionadas con la posición del grano en la bolsa, lo que indica que no se produjo estratificación de gases.
- No se observó la presencia de un solo insecto vivo en ninguno de los momentos de medición, tanto en la bolsa de girasol a 16,4% como a 8,4% de humedad. Esto sugeriría que la relación concentración de CO₂ alcanzada en el interior de las bolsas y tiempo de exposición a dicha concentración fueron suficientemente tóxicas como para causar 100% de mortalidad en los insectos.

Bibliografía

- Alagusumdaram, K., Jayas, D.J., Muir, W.E. White, N.D.G. y Sinha, R.N. 1995. Transaction of the ASAE. Vol.38(3): 895-901.
- Annis, P.C. 1986. Towards rational controlled atmosphere dosage schedules: a review of current knowledge. Proc.4th work conf. Stored Product Protection, Tel Aviv, Israel
- ASAE. 1988. Agricultural Engineers Handbook, 35th ed. Am.Soc.Agr.Eng., St. Joseph, MI.
- Bank, H.J. y Annis, P.C. 1980. Conversion of existing grain storage structures for modified atmosphere use. Controlled atmosphere storage of grains. Ed. Shejbal, 461-473. Amsterdam.
- Baran, M., Venglovsky, J., Valoveik, J. Y Jonotikova, I. 1993. Maize storage in controlled CO₂ atmosphere. Polnohospodarstvo (CSFR). Abril 1992 v. 38(4) p. 249-256
- Bartosik, R.E. y Rodríguez J.C. 1999. Evaluación de una técnica de almacenaje de granos a 8,4% de humedad en bolsas plásticas – Sistema silobag. Informe INTA-IPESA.
- Bartosik, R.E., Maier, D.J. y Rodríguez, J.C. 2001. Effects of CO₂ Dosage and Exposure Time on the Mortality of Adult and Immature Stages of *Sitophilus oryzae*. Enviado al congreso de ASAE 2001. Paper N° 01-6110.
- Bogliaccini, A. 2001. Almacenamiento hermético. Revista Granos, Año VI-N°XXVII – junio 2001.
- Brooker, D.B, Bakker-Arkema, F.W, y Hall, C.W. 1992. Drying and Storage of Grains and Oilseeds. Van Nostrand Reinhold, 115 Fifth Avenue, New York.
- Casini, C. 1996. Ensayo de simulación almacenamiento de trigo en silo-“bag”. Hoja de divulgación INTA Manfredi.
- Junta Nacional de Granos: Normas de Clasificación de Girasol. Resolución N°28503 del 13/2/86.
- Moreno, E., Menendez, A. Y Ramirez, J. 1987. Behavior of maize seeds under different storage regimes. Turrialba. 1987, 37:3, 267-273, 12 ref.
- Siebenmorgen, T.J., Freer, M.W., Benz, R.C. y Loewer, O.J. 1986. Controlled atmosphere storage system for rice. Paper ASAE. 1986, No. 86-6511, 26pp, 9 ref.
- Yanucci, D. 1996. Evolución del control de plagas de granos almacenados en Argentina. FAO.
- White, N.D.G. y Jayas D.S. 1993. Effectiveness of carbon dioxide in compressed gas or solid formulation for the control of insects and mites in stored wheat and barley. Phytoprotection 74:101-111.
- White, N.D.G., Jayas, D.S. y Sinha, R.N. 1990. Carbon dioxide as a control agent for the rusty grain beetle in stored wheat. J. econ. Entomol. 83(1):277-288.

ANEXO Tablas

Tabla 5. Temperatura del grano a 16.4% de humedad y a 8.4% de humedad por posición y por momento de medición.

| Temperatura girasol a 16,4% de humedad | | | | |
|--|------------------------|-------------|-------------|--------------|
| Posición | Momento de observación | | | |
| | 8 de marzo | 24 de abril | 21 de junio | 15 de agosto |
| Inferior | 33.77 | 21.7 | 17.20 | 14.52 |
| Medio | 34.5 | 23.75 | 16.40 | 13.64 |
| Superior | 35.2 | 13.46 | 6.75 | 13.39 |
| Promedio | 34.49 | 19.64 | 13.45 | 13.85 |
| Temperatura girasol a 8.4% de humedad | | | | |
| Posición | Momento de observación | | | |
| | 8 de marzo | 24 de abril | 21 de junio | 15 de agosto |
| Inferior | 23.78 | 18.43 | 13.32 | 10.99 |
| Medio | 30.71 | 20.19 | 13.32 | 10.04 |
| Superior | 28.91 | 12.16 | 5.04 | 10.64 |
| Promedio | 27.8 | 16.93 | 10.56 | 10.56 |

Tabla 6. Humedad del grano a 16.4% de humedad y a 8.4% de humedad por posición y por momento de medición.

| Humedad girasol a 16,4% de humedad | | | | |
|------------------------------------|------------------------|-------------|-------------|--------------|
| Posición | Momento de observación | | | |
| | 8 de marzo | 24 de abril | 21 de junio | 15 de agosto |
| Inferior | 16.40 | 15.27 | 15.07 | 15.78 |
| Medio | 16.40 | 17.41 | 17.42 | 17.55 |
| Superior | 16.40 | 20.62 | 20.52 | 20.83 |
| Promedio | 16.40 | 17.77 | 17.67 | 18.05 |
| Humedad girasol a 8.4% de humedad | | | | |
| Posición | Momento de observación | | | |
| | 8 de marzo | 24 de abril | 21 de junio | 15 de agosto |
| Inferior | 8.43 | 8.25 | 8.04 | 8.28 |
| Medio | 8.43 | 8.59 | 8.59 | 8.65 |
| Superior | 8.43 | 9.47 | 9.60 | 9.52 |
| Promedio | 8.43 | 8.77 | 8.74 | 8.82 |

Tabla 7. Contenido de Aceite del grano a 16.4% de humedad y a 8.4% de humedad por posición y por momento de medición.

| Porcentaje de Aceite en girasol a 16,4% de humedad | | | | |
|--|------------------------|-------------|-------------|--------------|
| Posición | Momento de observación | | | |
| | 8 de marzo | 24 de abril | 21 de junio | 15 de agosto |
| Inferior | 47.60 | 44.90 | 48.17 | 46.20 |
| Medio | 47.60 | 47.73 | 48.00 | 45.43 |
| Superior | 47.60 | 47.87 | 48.70 | 45.33 |
| Promedio | 47.60 | 46.02 | 48.29 | 45.65 |
| Porcentaje de aceite en girasol a 8.4% de humedad | | | | |
| Posición | Momento de observación | | | |
| | 8 de marzo | 24 de abril | 21 de junio | 15 de agosto |
| Inferior | 49.75 | 49.07 | 47.93 | 50.0 |
| Medio | 49.75 | 49.97 | 49.67 | 48.27 |
| Superior | 49.75 | 47.87 | 48.63 | 49.63 |
| Promedio | 49.75 | 48.97 | 48.58 | 49.30 |

Tabla 8. Índice de acidez del aceite del grano a 16.4% de humedad y a 8,4% de humedad por posición y por momento de medición.

| Índice de acidez en girasol a 16,4% de humedad | | | | |
|--|------------------------|-------------|-------------|--------------|
| Posición | Momento de observación | | | |
| | 8 de marzo | 24 de abril | 21 de junio | 15 de agosto |
| Inferior | 0.96 | 0.63 | 0.63 | 3.67 |
| Medio | 0.96 | 0.60 | 0.80 | 3.63 |
| Superior | 0.96 | 0.63 | 0.80 | 4.33 |
| Promedio | 0.96 | 0.62 | 0.74 | 3.88 |

| Índice de acidez en girasol a 8.4% de humedad | | | | |
|---|------------------------|-------------|-------------|--------------|
| Posición | Momento de observación | | | |
| | 8 de marzo | 24 de abril | 21 de junio | 15 de agosto |
| Inferior | 0.88 | 0.43 | 0.40 | 1.05 |
| Medio | 0.88 | 0.40 | 0.53 | 1.30 |
| Superior | 0.88 | 0.40 | 0.43 | 1.17 |
| Promedio | 0.88 | 0.41 | 0.46 | 1.17 |

Tabla 9. Cuerpos extraños del grano a 16.4% de humedad y a 8,4% de humedad por posición y por momento de medición.

| Cuerpos extraños en girasol a 16,4% de humedad | | | | |
|--|------------------------|-------------|-------------|--------------|
| Posición | Momento de observación | | | |
| | 8 de marzo | 24 de abril | 21 de junio | 15 de agosto |
| Inferior | 3.78 | 2.13 | 2.47 | 2.33 |
| Medio | 3.78 | 1.87 | 2.20 | 1.87 |
| Superior | 3.78 | 1.60 | 2.67 | 2.07 |
| Promedio | 3.78 | 1.87 | 2.44 | 2.09 |

| Cuerpos extraños en girasol a 8.4% de humedad | | | | |
|---|------------------------|-------------|-------------|--------------|
| Posición | Momento de observación | | | |
| | 8 de marzo | 24 de abril | 21 de junio | 15 de agosto |
| Inferior | 1.64 | 1.40 | 1.40 | 2.20 |
| Medio | 1.64 | 1.20 | 1.47 | 1.60 |
| Superior | 1.64 | 0.93 | 1.20 | 1.40 |
| Promedio | 1.64 | 1.18 | 1.36 | 1.73 |