



Fundación ArgenINTA
Delegación BUENOS AIRES SUR

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

Informe Final de Soja

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 soja (Nidera 4100) en bolsas plásticas (sistema silobag), con dos contenidos de humedad diferentes 12,5% de humedad (mínimo 12,27% y máximo 12,63%) y 15,6% de humedad (mínimo 15,5% y máximo 15,77%) durante un período de 160 días (la totalidad del ensayo involucra además granos de maíz, girasol 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 de ambas bolsas se realizó el 5 de junio de 2001 y la toma de datos se prolongó hasta el 12 de noviembre de 2001.

Muestreo:

La recolección de muestras se realizó al comienzo del ensayo, a los 50 días, a los 93 días y al finalizar el mismo (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.

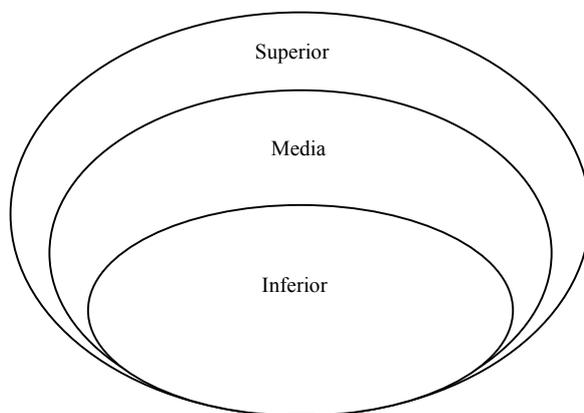


Figura 1. Zonas de muestreo según la posición del grano en la bolsa.



Figura 2: Extracción de muestras 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 soja 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.

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, soja a 12,5% de humedad y a 15,6% 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 CO₂ 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 CO₂ es uniforme o si se crean zonas de menor concentración y potencialmente riesgosas para el desarrollo de insectos. La medición de CO₂ 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 soja. 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 soja comenzó el 5 de junio con temperatura ambiente promedio de 7,9°C. En el momento de la confección de las bolsas la temperatura del grano a 12,5% de humedad fue de 7,42°C en promedio, con un rango entre 4,31°C y 9,03°C (Gráfico 1) y el grano embolsado a 15,6% de humedad, presentaba una temperatura promedio de 5,51°C, con un rango entre 4,99 °C y 6,42°C (Gráfico 2). Se puede observar que la temperatura promedio del grano que se embolsó a 15,6% de humedad, fue más baja que la embolsada a 12,5% de humedad promedio. Desde el inicio del ensayo la temperatura del grano en el interior de la bolsa se mantiene en la soja con menor humedad y se eleva algo en la capa media e inferior de la bolsa de 15,6% de humedad promedio, en el caso de la temperatura en la capa superior de la bolsa sigue las variaciones de la temperatura ambiente (Gráficos 1 y 2). La temperatura del medio y de la base de la bolsa de grano a 15,6% de humedad promedio, presenta un pequeño incremento de 1,8°C en los primeros 25 días. Para el grano almacenado a 12,5% de humedad promedio, el pequeño incremento de temperatura (0,78°C), ocurre dentro de los primeros 20 días. Tanto en el Gráfico 1 como en el Gráfico 2, se observa que la temperatura ambiente fue bajando desde el inicio del ensayo hasta un mínimo de aproximadamente -3,85°C el 23 de julio, para luego comenzar a subir muy suavemente hasta un pico máximo de alrededor de 21°C el 20 de octubre. Se puede observar que las temperaturas de soja a 12,5% de humedad y a 15,6% 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. La variación de la temperatura del grano de la parte inferior de la bolsa fue influenciada directamente por los cambios suaves de temperatura del suelo. El grano en la parte central de la bolsa no puede ganar el calor del ambiente ni del suelo, por lo que la variación 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.

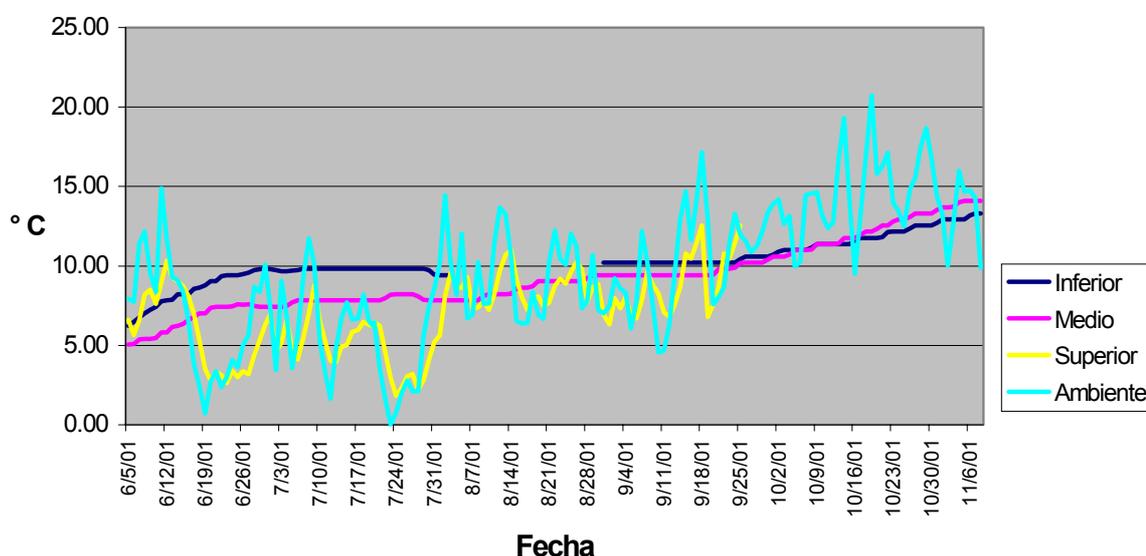


Gráfico 1. Evolución de la temperatura ambiente y del grano (promedio de 24 hs) durante el período de duración del ensayo para las diferentes alturas del grano en la bolsa de soja a 12,5% de humedad promedio.

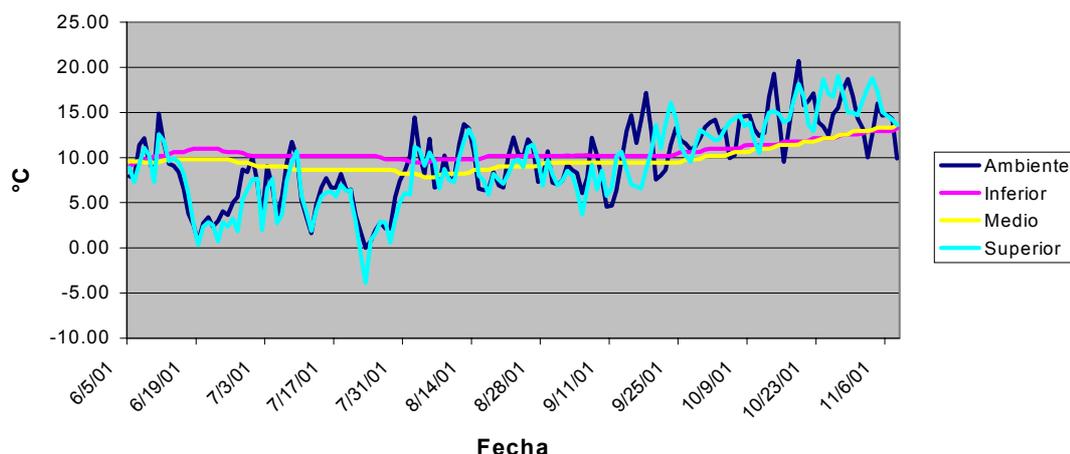


Gráfico 2. Evolución de la temperatura ambiente y del grano (promedio de 24 hs) durante el período de duración del ensayo para las diferentes posiciones del grano en la bolsa de soja a 15,6% de humedad promedio.

Evolución de la humedad del grano

La humedad inicial promedio de la soja seca fue de 12,5%. Si bien se observa un pequeño aumento (0,3%) de la humedad promedio en la bolsa este aumento no es estadísticamente significativo. En la bolsa de soja húmeda, la humedad inicial promedio fue de 15,6% y se mantuvo en el mismo valor al finalizar el ensayo, 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. No se ha observado ninguna diferencia de humedad estadísticamente significativa en el tiempo, con respecto a la parte superior media e inferior de la bolsa, lo que indica que no existen migraciones de humedad durante el período de almacenamiento.

Evolución de la Humedad - Soja Seca

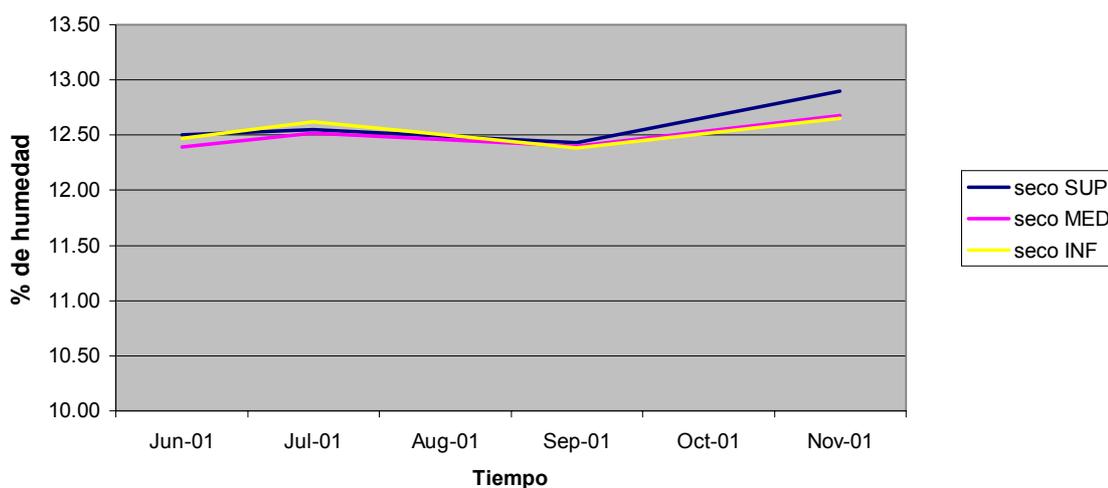


Gráfico 3. Evolución de la humedad del grano durante el período del ensayo para las diferentes alturas del grano en la bolsa de soja a 12,5% de humedad promedio.

Evolución de la humedad - Soja húmeda

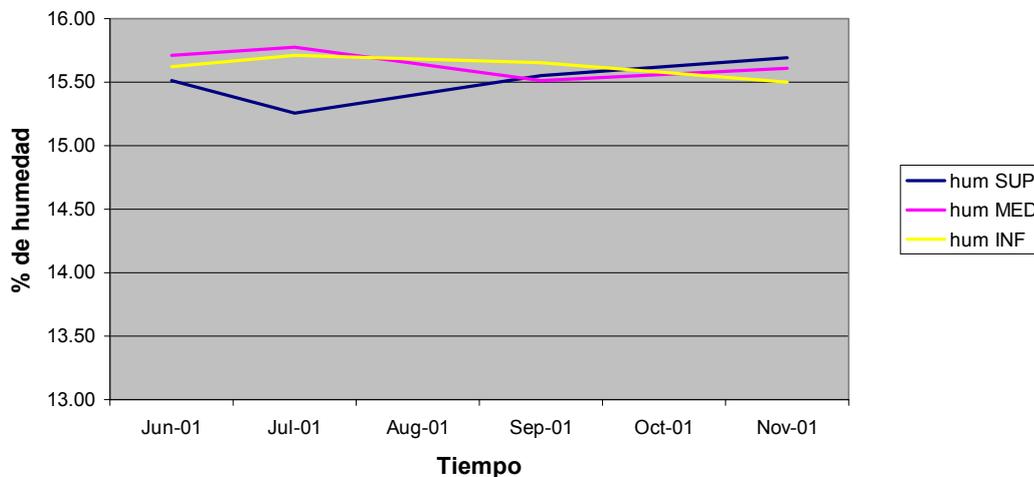


Gráfico 4. Evolución de la humedad del grano durante el período del ensayo para las diferentes alturas del grano en la bolsa de soja a 15,6% de humedad.

Evolución del poder germinativo

El poder germinativo de los granos es afectado por las mismas variables que la energía germinativa, por lo tanto es lógico encontrar los mismos resultados. El contenido inicial de humedad tuvo un efecto estadísticamente significativo en el poder germinativo (5%). La bolsa con soja a 12,5% de humedad disminuyó su poder germinativo, cayendo un 16,7% en 160 días, en cambio la bolsa de grano a 15,6% de humedad disminuyó su poder germinativo de manera muy importante casi desde el inicio mismo del ensayo, disminuyendo casi un 28,2% en promedio al finalizar el ensayo. La posición del grano dentro de la bolsa no afectó el poder germinativo.

El sistema de almacenaje en bolsas es utilizado para almacenar grano como semilla para la próxima campaña. Tanto energía germinativa como poder germinativo son parámetros muy importantes para evaluar la viabilidad de la semilla y de este estudio se desprende que si el grano es embolsado tanto a 12,5% o a 15,6% de humedad, la calidad de la semilla puede ser mantenida durante un período de 80 días, cayendo significativamente hacia el día 153 del ensayo. En la bolsa de grano con 15,6% de humedad el grano almacenado va perdiendo mas poder germinativo que en el grano seco, esto podría verse acentuado por el bajo poder germinativo inicial de la soja almacenada. Sabido es que a medida que la calidad inicial de la soja como semilla es menor será mayor la caída en los valores de poder germinativo en el momento de la siembra independientemente del sistema de almacenaje.

Evolucion Poder Germinativo Soja seca

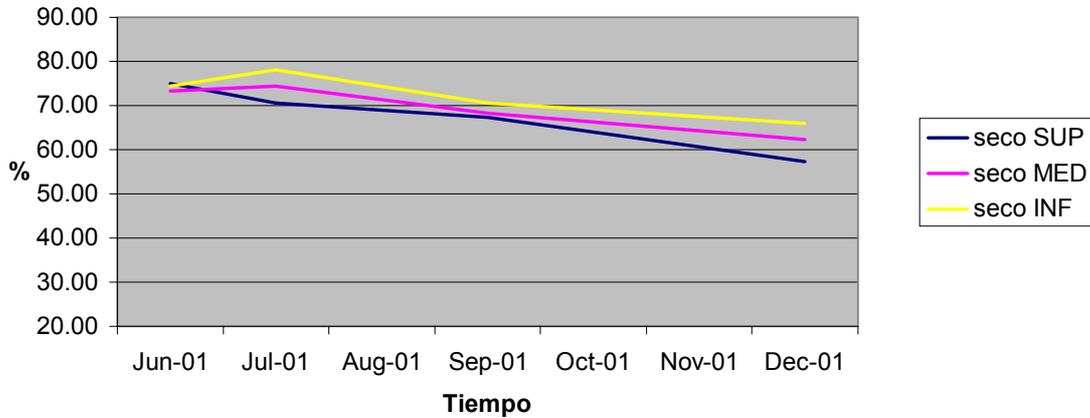


Gráfico 7. Evolución del poder germinativo durante el período del ensayo para las diferentes alturas del grano en la bolsa de soja a 12,5% de humedad.

Evolución del Poder Germinativo húmeda

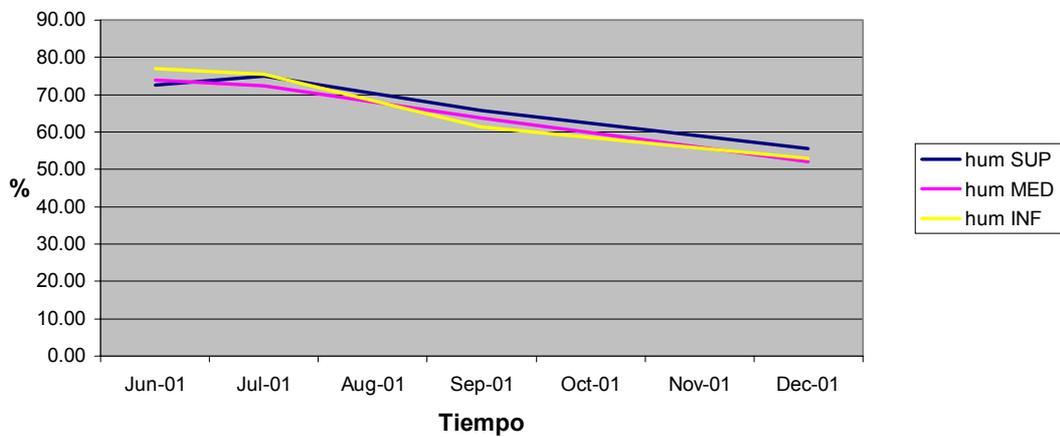


Gráfico 8. Evolución del poder germinativo durante el período del ensayo para las diferentes alturas del grano en la bolsa de soja a 15,6% de humedad.

Evolución del peso hectolítrico

El peso hectolítrico de los granos está influenciado por el contenido de humedad de los mismos, a mayor contenido de humedad, menor el peso hectolítrico (Brooker et al, 1992). En el ensayo no se presentan diferencias iniciales en el peso hectolítrico entre la soja a 15,6% de humedad y a 12,5% de humedad. La variación del peso hectolítrico en el tiempo ha sido prácticamente nula.

Evolución del Peso Hectolítrico - Soja seca

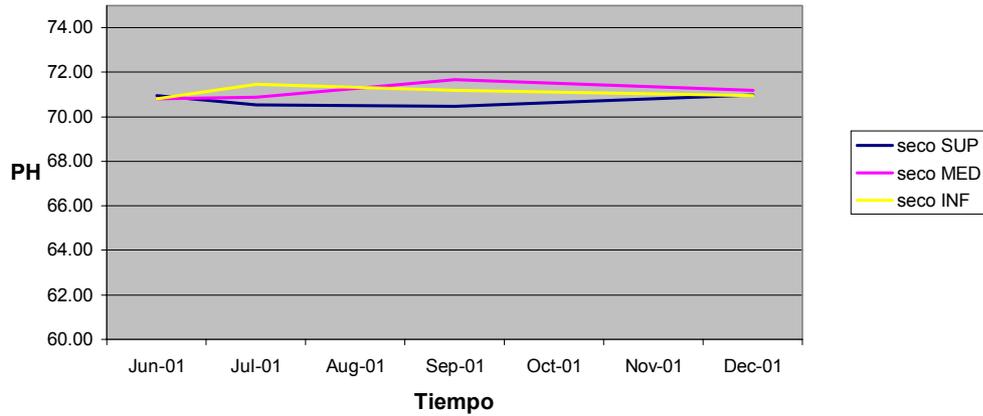


Gráfico 9. Evolución del peso hectolítrico durante el período del ensayo para las diferentes ubicaciones del grano en la bolsa de soja a 12,5% de humedad.

Evolución del Peso Hectolítrico Soja húmeda

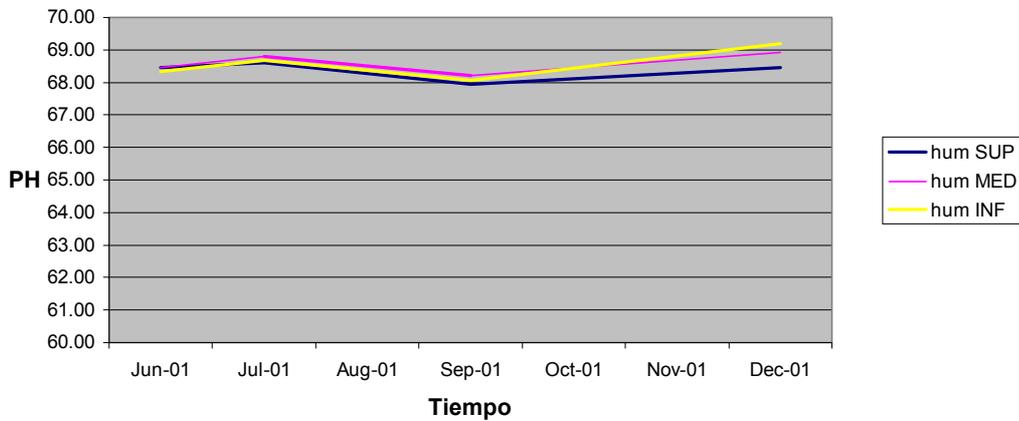


Gráfico 10. Evolución del peso hectolítrico durante el período del ensayo para las diferentes posiciones del grano en la bolsa de soja a 15,6% de humedad.

Evolución del contenido de Aceite

En cuanto al contenido de aceite de las muestras obtenidas en la soja embolsada con 12,5% 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, 50, 93 y 160 días, Gráfico 5)

Cuando la soja se embolsó con una humedad promedio de 15,6% de humedad tampoco se observó una variación significativa en el contenido de materia grasa a lo largo del período.

Contenido de Aceite - Soja seca

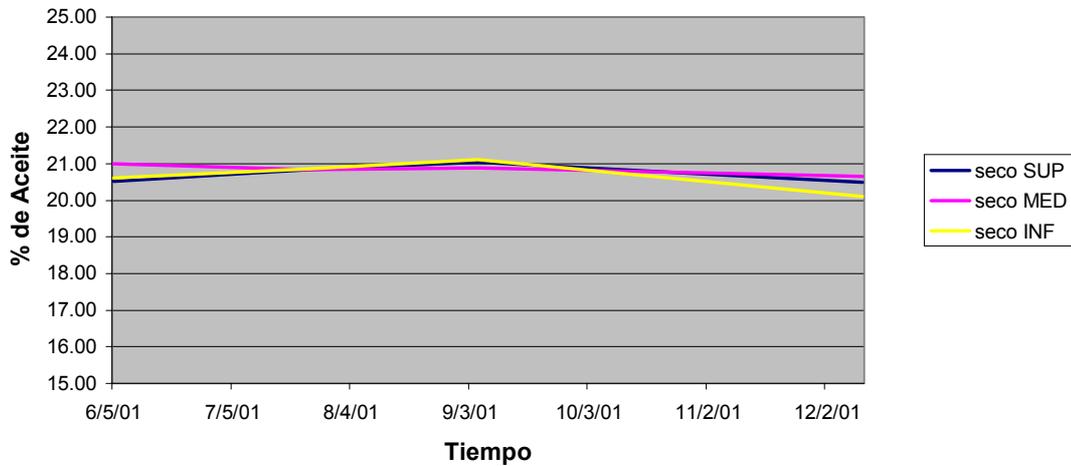


Gráfico 11: Evolución del contenido de aceite (en %) en soja embolsado con 12,5% de humedad promedio

Contenido de Aceite - Soja húmeda

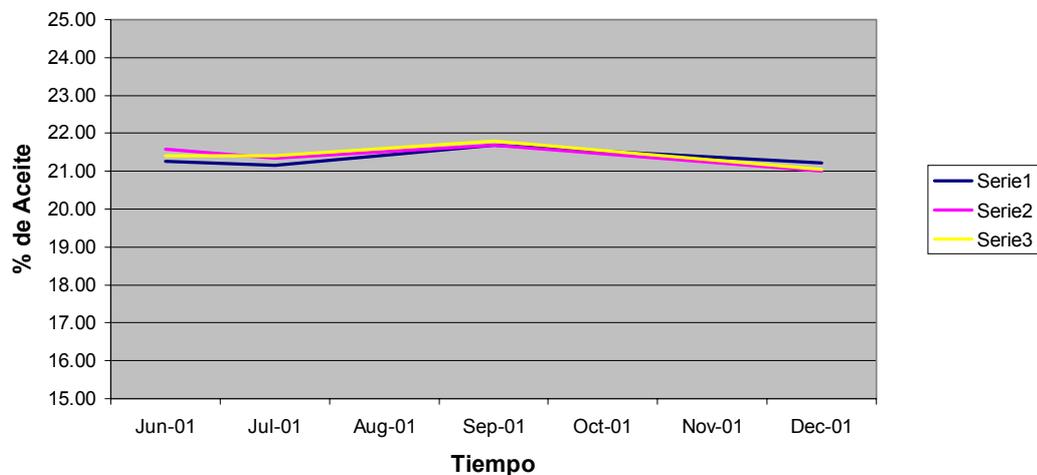


Gráfico 12: Evolución del contenido de aceite (en %) en soja embolsado con 15,6% de humedad promedio

Acidez de la Materia Grasa

Se observa en el transcurso del ensayo un incremento gradual muy leve del nivel del índice de acidez en la soja almacenada en la bolsa con 12,5% promedio de humedad (1,56, 1,62, 1,72 y 1,96 para los 0, 50, 93 y 160 días respectivamente). Las diferencias halladas entre los distintos niveles muestreados (inferior, medio y superior) del material embolsado no son estadísticamente significativas. Para el caso de la soja almacenada con 15,6% de humedad promedio la tendencia es similar, si bien es un poco mas pronunciada (1,72, 1,78, 2,17 y 2,34 para los mismos días de embolsado respectivamente).

Estos valores de acidez son normales para la especie, si bien los valores iniciales son elevados para los datos obtenidos en sojas recién cosechadas, los incrementos de esa acidez son mas bajos que en

almacenamiento en silos convencionales que en períodos similares pueden sobrepasar los 3 puntos de acidez (Ferreira Pires, Alberi 1998). Es importante hacer notar que la acidez de la materia grasa en soja no tiene ninguna incidencia en la comercialización en Argentina, solamente es medida o tomada en cuenta en Estados Unidos de Norteamérica.

Acidez Materia Grasa - Soja seca

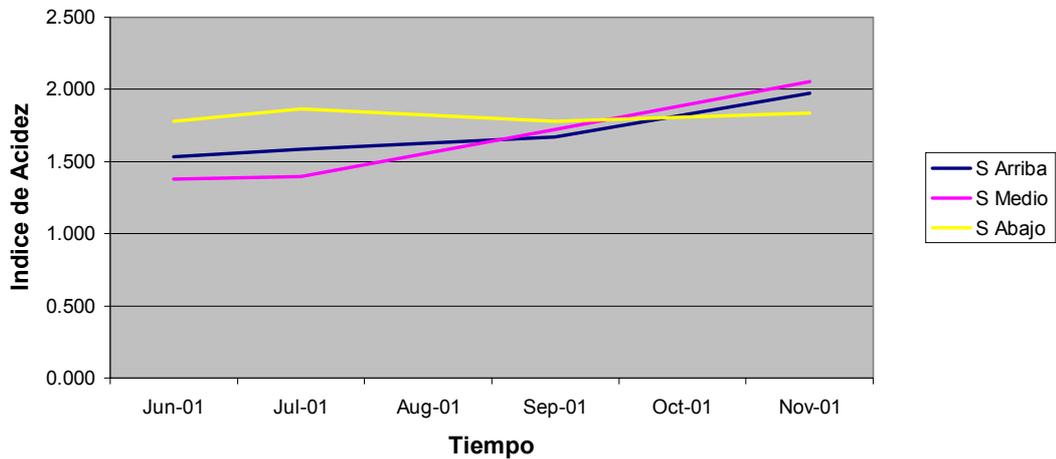


Gráfico 13: Evolución del Índice de Acidez de la materia grasa del soja embolsado con 12,5% de humedad promedio, a través de los 160 días que duró el ensayo

Acidez de la Materia Grasa - Soja húmeda

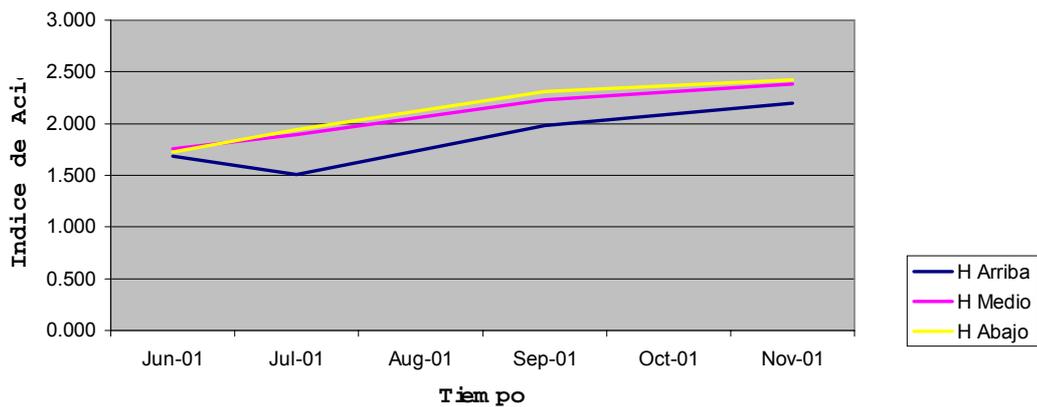


Gráfico 14: Evolución del Índice de Acidez de la materia grasa de soja embolsado con 15,6% de humedad promedio, a través de los 160 días que duró el ensayo

Evolución de CO₂ y O₂

Las mediciones de gases dentro de las bolsas se realizaron los días 5 y 20 de julio, 5 de setiembre y 12 de noviembre respectivamente y los valores se presentan en las tablas 2 y 3

| | 30 días | | 46 días | | 93 días | | 160 días | |
|----------|------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|
| | CO ₂ (%) | O ₂ (%) |
| Inferior | 3.5 | 15.53 | 3.8 | 14.28 | 4.5 | 11.32 | 7.6 | 9.89 |
| Medio | 3.5 | 15.53 | 3.8 | 14.28 | 4.5 | 11.54 | 6.8 | 10.05 |
| Superior | 3.5 | 15.54 | 3.9 | 14.17 | 4.5 | 11.02 | 8.1 | 9.95 |
| Promedio | 3.5 | 15.53 | 3.83 | 14.24 | 4.5 | 11.29 | 7.5 | 9.96 |

Tabla 2: Porcentajes de CO₂ y O₂ medidos a los 30, 45, 92 y 161 días en la bolsa con soja a 12,5% de humedad de promedio

| | 30 días | | 46 días | | 93 días | | 160 días | |
|----------|------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|
| | CO ₂ (%) | O ₂ (%) |
| Inferior | 5.7 | 7.68 | 6.60 | 5.14 | 9.50 | 4.9 | 16.2 | 2.46 |
| Medio | 5.7 | 7.68 | 6.80 | 5.27 | 8.00 | 4.8 | 16.2 | 2.48 |
| Superior | 5.7 | 7.71 | 7.00 | 5.19 | 10.10 | 4.7 | 16.2 | 2.45 |
| Promedio | 5.7 | 7.69 | 6.80 | 5.20 | 9.2 | 4.8 | 16.2 | 2.46 |

Tabla 3: Porcentajes de CO₂ y O₂ medidos a los 30, 46, 93 y 160 días en la bolsa con soja a 15,6% de humedad de promedio

Como se puede observar en las tablas 2 y 3, los niveles de dióxido de carbono se incrementan muy lentamente, sobre todo en el caso de la bolsa con soja a 12,5% de humedad promedio. En ambos casos se observa una caída similar en el nivel porcentual de oxígeno. Esta característica de lenta caída en los niveles de oxígeno e incrementos de dióxido de carbono estaría explicándose por las bajas temperaturas a la que se encuentra la masa de granos, lo que estaría afectando la tasa de respiración de los mismos. 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

Se observó la presencia de insectos vivos en la primera medición realizada a los 50 días del embolsado. Esta medición presenta la particularidad de mantener mayor cantidad de insectos vivos en la bolsa con grano a 15,6% de humedad a pesar de que las concentraciones de dióxido de carbono son mayores que en la de soja seca (12,5). 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 12,5% de humedad, a los 30 días de almacenaje se acumuló una relación ct-producto de 2520%h (720 hs *3,5%) y en la soja a 15,6% de humedad esta relación alcanza solo 4104%h, a los 50 días estas relaciones dan 4136%h y 7344%h respectivamente para la soja con 12,5% y 15,6 % de humedad. De modo sería posible atribuir la sobrevivencia de los insectos a la muy baja dosis de CO₂ recibida, la cual se presenta como letal recién en el muestreo de los 93 días consiguiéndose valores de 9936%h y 20313%h para la relación calculada para la soja a 12,5 y 15,6% de humedad respectivamente.

Existen evidencias que humedades relativas bajas pueden causar mortalidad de insectos por efecto de deshidratación (Bogliaccini, 2001). Este podría ser el caso de la soja mas seca, que a pesar de la relación concentración de dióxido de carbono y tiempo de exposición mas baja presentó mayor mortandad de insectos que en la soja mas húmeda.

Tabla 4. Efecto sobre control de insectos
Determinación de insectos vivos en soja a 15,6% de humedad

| Posición | Inicial | | | Momento de observación | | | | | | | | |
|----------|---------|----|----|------------------------|---|---|---------|---|---|----------|---|---|
| | | | | 50 días | | | 93 días | | | 160 días | | |
| Inferior | 10 | 10 | 10 | 7 | 5 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Medio | 10 | 10 | 10 | 2 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Superior | 10 | 10 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Promedio | 30 | | | 8 | | | 0 | | | 0 | | |

Determinación de insectos vivos en soja a 12,5% de humedad

| Posición | Inicial | | | Momento de observación | | | | | | | | |
|----------|---------|----|----|------------------------|---|---|---------|---|---|----------|---|---|
| | | | | 50 días | | | 93 días | | | 160 días | | |
| Inferior | 10 | 10 | 10 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Medio | 10 | 10 | 10 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Superior | 10 | 10 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Promedio | 30 | | | 1 | | | 0 | | | 0 | | |

Análisis de calidad comercial:

El análisis de calidad comercial de la soja tanto con 12,5% de humedad promedio como la de 15,6% de humedad promedio no presenta deterioro en la semilla almacenada en bolsas plásticas.

Si analizamos por separado los rubros que componen el análisis que nos ocupa, se puede observar que en la semilla con mayor humedad se incrementa en promedio la cantidad de cuerpos extraños presentes en las muestras, debido a la menor posibilidad de limpieza que tiene la cosechadora cuando se incrementa el tenor de humedad.

Algo similar sucede con el quebrado de los granos, en la medida que los granos se secan se hacen mas frágiles y aumenta el quebrado por parte de la cosechadora.

La proporción de granos dañados totales es levemente mayor en las bolsas con la soja mas húmeda y esta proporción se va incrementando en la medida que se prolonga el período de almacenaje y esto se debería al daño superficial que sufre la semilla en el momento del embolsado y que al prolongarse el tiempo de almacenaje hongos u otros microorganismos van ingresando en la semilla por esas pequeñas lesiones y las deterioran.

De todas formas en ningún caso se producen mermas por deterioro de la calidad comercial de la soja almacenada, ya que los valores máximos observados alcanzan 0,40% de granos dañados en la soja con 12,5% de humedad promedio y 0,73% de granos dañados en la soja con 15,6% de humedad promedio, siendo la tolerancia de la base estatutaria de 2,5% (Resolución N° 35.333 – Diciembre 1990).

Conclusiones

- La evolución de la temperatura fue influenciada por la posición del grano en la bolsa. El grano de la parte superior presenta una variación similar a la temperatura externa. casi inmediato de la temperatura, por disipación del calor al aire ambiente más frío que el grano. En tanto que el grano del centro de la bolsa y el de la posición inferior prácticamente mantiene la temperatura estable durante la primera etapa de almacenamiento en la soja embolsada con 12,5% de humedad, mientras que la embolsada con 15,6% de humedad incrementa levemente la temperatura inicial hasta alcanzar un valor similar a la de la soja mas seca y se mantiene en ambos casos hasta la segunda quincena de setiembre donde se comienza a elevar levemente siguiendo las temperaturas medias exteriores.
- No se ha observado variación alguna en el contenido de humedad promedio tanto en la bolsa de soja a 12,5% como la de soja a 15,6% de humedad durante todo el período de almacenamiento. No se ha observado estratificación de humedad según la posición del grano en la bolsa en los dos tratamientos, como tampoco se observaron migraciones de humedad que produjeran condensación en la parte superior .
- El poder germinativo de la soja disminuyó significativamente hacia el final del ensayo independientemente de la humedad inicial a la que se almacenó.
- 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 muy levemente pero en forma constante. Este incremento no afecta la calidad del aceite desde el punto de vista comercial.
- 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 menor que en el caso de girasol y de trigo dado por la baja temperatura a la que está expuesta la soja dentro de la bolsa.
- Se observó la presencia de insectos vivos en el primer muestreo, pues los niveles de CO₂ son bajos, observándose la muerte de la totalidad de los mismos en los posteriores muestreos (93 y 160 días). En el caso de la soja seca habría aparte en efecto inicial de baja humedad ambiente en el aire intergranario.

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., Valovcik, 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.
- Bases Estatutarias de Soja. Resolución N°35.333 de la ex J.N.G. – Diciembre 1990.
- 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.
- Ferreira Pires, Alberi. 1998 . Acondicionamiento y almacenaje de granos. Aceites y Grasas. Pp 429:435. Setiembre de 1998.
- 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 15,6% de humedad y a 12,5% de humedad por posición y por momento de medición.

| Temperatura soja a 15,6% de humedad | | | | |
|-------------------------------------|------------------------|-------------|----------------|-----------------|
| Posición | Momento de observación | | | |
| | 5 de junio | 24 de julio | 5 de setiembre | 12 de noviembre |
| Inferior | 6.49 | 9.82 | 10.21 | 13.32 |
| Medio | 5.09 | 8.23 | 9.42 | 14.09 |
| Superior | 6.60 | 1.84 | 7.34 | 12.39 |
| Promedio | 6.06 | 6.63 | 8.99 | 13.27 |
| Temperatura soja a 12,5% de humedad | | | | |
| Posición | Momento de observación | | | |
| | 5 de junio | 24 de julio | 5 de setiembre | 12 de noviembre |
| Inferior | 9.55 | 10.21 | 10.21 | 12.93 |
| Medio | 9.55 | 8.63 | 9.42 | 13.32 |
| Superior | 7.29 | 0.87 | 6.55 | 13.63 |
| Promedio | 8.79 | 6.57 | 8.73 | 13.29 |

Tabla 6. Humedad del grano a 15,6% de humedad y a 12,5% de humedad por posición y por momento de medición.

| Humedad soja a 15,6% de humedad | | | | |
|---------------------------------|------------------------|-------------|----------------|-----------------|
| Posición | Momento de observación | | | |
| | 5 de junio | 24 de julio | 5 de setiembre | 12 de noviembre |
| Inferior | 15,62 | 15.71 | 15,65 | 15.50 |
| Medio | 15.71 | 15.78 | 15.51 | 15,6 |
| Superior | 15.51 | 15.26 | 15.55 | 15,69 |
| Promedio | 15,6 | 15.58 | 15.57 | 15,60 |
| Humedad soja a 12,5% de humedad | | | | |
| Posición | Momento de observación | | | |
| | 5 de junio | 24 de julio | 5 de setiembre | 12 de noviembre |
| Inferior | 12.47 | 12.62 | 12.38 | 12.66 |
| Medio | 12.39 | 12,52 | 12.40 | 12.68 |
| Superior | 12,50 | 12,55 | 12.43 | 12.90 |
| Promedio | 12,5 | 12,56 | 12.40 | 12.74 |

Tabla 7. Contenido de Aceite del grano a 15,6% de humedad y a 12,5% de humedad por posición y por momento de medición.

| Porcentaje de Aceite en soja a 15,6% de humedad | | | | |
|---|------------------------|-------------|----------------|-----------------|
| Posición | Momento de observación | | | |
| | 5 de junio | 24 de julio | 5 de setiembre | 12 de noviembre |
| Inferior | 21.41 | 21.41 | 21.80 | 21.06 |
| Medio | 21.58 | 21.35 | 21.68 | 21.00 |
| Superior | 21.26 | 21.16 | 21.69 | 21.23 |
| Promedio | 21.41 | 21.30 | 21.72 | 21.09 |
| Porcentaje de aceite en soja a 12,5% de humedad | | | | |
| Posición | Momento de observación | | | |
| | 5 de junio | 24 de julio | 5 de setiembre | 12 de noviembre |
| Inferior | 20.60 | 20.85 | 21.11 | 20.11 |
| Medio | 21.01 | 20.83 | 20.87 | 20.64 |
| Superior | 20.52 | 20.84 | 21.04 | 20.50 |
| Promedio | 20.71 | 20.84 | 21.00 | 20.41 |

Tabla 8. Índice de acidez del aceite del grano a 15,6% de humedad y a 12,5% de humedad por posición y por momento de medición.

| Índice de acidez en soja a 15,6% de humedad | | | | |
|---|------------------------|-------------|----------------|-----------------|
| Posición | Momento de observación | | | |
| | 5 de junio | 24 de julio | 5 de setiembre | 12 de noviembre |
| Inferior | 1.728 | 1.938 | 2.307 | 2.422 |
| Medio | 1.754 | 1.895 | 2.227 | 2.382 |
| Superior | 1.686 | 1.512 | 1.984 | 2.200 |
| Promedio | 1.722 | 1.781 | 2.172 | 2.334 |
| Índice de acidez en soja a 12,5% de humedad | | | | |
| Posición | Momento de observación | | | |
| | 5 de junio | 24 de julio | 5 de setiembre | 12 de noviembre |
| Inferior | 1.781 | 1.867 | 1.777 | 1.839 |
| Medio | 1.380 | 1.398 | 1.723 | 2.056 |
| Superior | 1.534 | 1.582 | 1.672 | 1.973 |
| Promedio | 1.565 | 1.615 | 1.724 | 1.956 |

Tabla 9. Análisis de calidad comercial de soja con 12,5% de humedad promedio al finalizar el ensayo (160 días).

| Posición | Cpos. extraños | Tierra | Dañados | Quebrados | Merma |
|-----------------|----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Superior | 0.13 | 0.00 | 0.60 | 4.53 | 0.00 |
| Medio | 0.10 | 0.00 | 0.27 | 4.27 | 0.00 |
| Inferior | 0.13 | 0.00 | 0.33 | 6.33 | 0.00 |
| Promedio | 0.12 | 0.00 | 0.40 | 5.04 | 0.00 |

Tabla 10. Análisis de calidad comercial de soja con 15,6% de humedad promedio al finalizar el ensayo (160 días)

| Posición | Cpos. extraños | Tierra | Dañados | Quebrados | Merma |
|-----------------|----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Superior | 0.17 | 0.00 | 0.53 | 4.07 | 0.00 |
| Medio | 0.33 | 0.00 | 0.60 | 3.80 | 0.00 |
| Inferior | 0.43 | 0.00 | 1.07 | 3.60 | 0.00 |
| Promedio | 0.31 | 0.00 | 0.73 | 3.82 | 0.00 |

Tabla 11. Poder Germinativo del grano a 15,6% de humedad y a 12,5% de humedad por posición y por momento de medición. Test de Duncan 5%: Valores con letras iguales no difieren significativamente

| Poder Germinativo en soja a 15,6% de humedad | | | | |
|--|------------------------|----------------|-----------------|-----------------|
| Posición | Momento de observación | | | |
| | 5 de junio | 24 de julio | 5 de setiembre | 12 de noviembre |
| Inferior | 77.0 a | 75.3 a | 61.3 abc | 53.0 c |
| Medio | 74.0 a | 72.3 ab | 63.3 abc | 52.0 c |
| Superior | 72.7 ab | 75.0 a | 65.7 abc | 55.7 bc |
| Promedio | 74.56 | 74.22 | 63.44 | 53.56 |
| Poder Germinativo en soja a 12,5% de humedad | | | | |
| Posición | Momento de observación | | | |
| | 5 de junio | 24 de julio | 5 de setiembre | 12 de noviembre |
| Inferior | 74.3 ab | 78.0 a | 70.7 ab | 66.0 abc |
| Medio | 73.3 ab | 74.3 ab | 68.3 abc | 62.3 bc |
| Superior | 75.0 ab | 70.7 ab | 67.3 abc | 57.3 c |
| Promedio | 74.22 | 74.33 | 68.78 | 61.89 |