

Estudio de la Evolución de la Humedad de los Granos Individuales en Silo-bolsas de Maíz y Soja

¹Cardoso, M., ¹Bartosik, R., ¹Rodríguez, J.

1) INTA PRECOP Balcarce. EEA Balcarce. Ruta 226 km 73,5 (7620) Balcarce, Buenos Aires, Argentina. leandrocardoso@yahoo.com.ar .
rbartosik@balcarce.inta.gov.ar . jrodriguez@balcarce.inta.gov.ar .

RESUMEN

El sistema de almacenaje hermético (silo-bolsa) ha sido adoptado en el país como una opción al problema de falta de infraestructura fija para el almacenaje de granos. Últimamente, granos con destino a industrialización son almacenados en silo-bolsas (cebada, soja). El contenido de humedad promedio es importante en granos como soja (proceso de prensado), maíz pisingallo (volumen de expansión), etc., ya que poseen un contenido de humedad óptimo que permite un máximo rendimiento industrial. Además de la humedad promedio es importante que la humedad individual de los granos sea homogénea (la humedad individual de los granos al momento de la cosecha poseen una amplia variabilidad). En los sistemas tradicionales de almacenaje (silos) generalmente existe posibilidad de manejar el proceso de homogenización mediante el acondicionamiento del grano. Dado que el sistema hermético no cuenta con dicha posibilidad, se establecieron dos ensayos (silo-bolsas de soja y maíz) con el fin de determinar el efecto de homogenización de humedad en este sistema y los plazos que esta demanda. Además, se plantearon como objetivos secundarios: evaluar la evolución de la humedad promedio, distribución de partido/ quebrado y el peso de mil granos en los diferentes estratos. En ambos ensayos se realizó el calado en cinco puntos distintos del silo-bolsa durante el embolsado, a los 30 y 60 días. El contenido del calador se dividió en tres partes correspondientes a tres estratos (superior, medio e inferior). Se determinó la humedad en granos individuales (mediante método de estufa), humedad promedio (humedímetro y método de estufa), porcentaje de partido (zaranda). Además se estimó el peso de mil granos (mediante estufa). Durante la evolución del almacenaje se observó la homogeneización de la humedad individual antes del mes de almacenamiento (cuya magnitud es mayor en soja que para maíz). Los datos obtenidos mostraron una estratificación de la humedad en soja (rehumedecimiento de una fina capa de granos no se en la superficie). Sin embargo esta estratificación no se observó en granos menos higroscópicos como el maíz. Durante la formación del silo-bolsa se produjo una estratificación del quebrado/partido.

Introducción

La producción total de grano en la Argentina para el año 2005 superó las 84 millones de toneladas, y la capacidad fija de almacenaje del país se estima alrededor del 30 % de dicha producción. Esta situación permitió que en la búsqueda de sistemas alternativos de almacenaje se encontraran ventajas (desde el punto de vista de práctico, logístico y económico) en la utilización del silo-bolsa, tanto por productores como también acopiadores e industrias (Rodríguez y otros, 2002). Este sistema ha incrementado su importancia a tal punto que en el último año se estima que 21 millones

de toneladas se almacenaron en silo-bolsas (fabricantes de silo-bolsas, comunicación personal).

Los sistemas de almacenaje de granos se pueden clasificar por la atmósfera del aire intergranario (Casini y otros, 2003):

1. **Atmósfera normal:** Es el sistema de almacenamiento donde la composición del aire intergranario es muy similar a la atmosférica (21 % O₂ y 0.3 % de CO₂), es el tipo de almacenaje que más se utiliza, ejemplo: silos, galpones, celdas, etc. Estos sistemas generalmente están asociados con infraestructura para el acondicionamiento del grano: secadoras, prelimpieza, limpieza, aireación, etc.
2. **Atmósfera modificada:** La composición del aire intergranario se modifica respecto a la atmósfera, por un aumento en la concentración de CO₂ (ejemplo 5-6 %) y una disminución en la concentración de O₂ (15-16 %). Este cambio es producido como consecuencia de la actividad biológica, la cual es mayor con el contenido de la humedad granaria y la temperatura ambiente limitando el desarrollo de hongos e insectos, además de evitar el deterioro del grano por su respiración. Un ejemplo típico es el silo-bolsa.

Experiencias realizadas con silo-bolsas se remiten principalmente al INTA donde se comenzó a trabajar en el año 1995-1996 y en el año 2000 en la EEA Balcarce se realizaron una serie de ensayos con maíz, trigo, girasol y soja. Algunos de los resultados más relevantes son (Rodríguez, Bartosik y otros, 2002).

- Con granos secos (valores de humedad de recibo) no existen problemas de conservación, por lo tanto no hay un deterioro causado por el sistema de almacenamiento. Cuando se almacena grano hay una tendencia al deterioro de la calidad de los granos almacenados con este sistema en el tiempo (disminución de poder germinativo, calidad panadera, acidez de la materia grasa, etc.). A mayor humedad inicial, los tiempos de conservación se acortan.
- No hay modificación de la humedad inicial de los granos.
- Cuanto menor es la calidad inicial (daño mecánico, materias extrañas, etc.) del grano almacenado, mayores son los riesgos de pérdida de calidad durante el almacenamiento. En cuanto al daño mecánico, además de la cosecha también se puede producir daño mecánico en la descarga de los sinfines de los carros tolvas por excesiva velocidad (rpm.) de los mismos (Bragachini, 2003).
- En los ensayos realizados, la concentración de CO₂ alcanzada dentro del silo-bolsa es lo suficientemente alta para lograr un control total de insectos.
- Existe, en general un importante control de hongos y no se detectó producción de micotoxinas en el interior de la bolsa.
- Si no existe daño en el silo-bolsa, no se produce aumento de temperatura en la misma por generación de calor propio del sistema, aun con granos muy húmedos.
- La variación de temperatura en el interior del silo acompaña la variación de la temperatura ambiente. En ensayos realizados midiendo la evolución de la

temperatura en tres estratos del silo-bolsa (superior, medio e inferior) se concluyó que las variaciones el estrato superior del silo-bolsa responden a las oscilaciones diarias de la temperatura ambiente mientras que el estrato medio e inferior de la misma no presenta oscilaciones.

- La variación de la temperatura en la capa superior de granos produce la migración de humedad desde el interior del silo-bolsa hacia la superficie. En algunos casos se observó condensación de humedad en la pared interior del silo-bolsa. Esta última situación se acentúa en áreas donde existe una mayor amplitud térmica, manifestándose en mayor proporción en primavera y cuando existen zonas del silo-bolsa que no poseen el estiramiento recomendado.

Almacenaje de Granos con destino a industria

Los granos cuyo destino es principalmente la industria (soja, maíz pisingallo, cebada cervecera, etc.), tienen requerimientos específicos de calidad y condición adicionales a las reglamentarias. Estos granos son generalmente almacenados en silos aunque últimamente también ensilo-bolsas (cebada cervecera, soja).

En algunos granos la humedad es uno de los factores principales que influyen en el rendimiento industrial: el maíz pisingallo se comercializa en base al volumen de expansión, el cual depende básicamente del contenido de endosperma corneo del grano y de la humedad del mismo. Con humedades de 13 a 14,5 % se logra el máximo volumen de expansión (Maier, 2000). En soja la humedad del grano influye tanto en el rendimiento industrial, como en la puesta a punto del proceso de prensado, la humedad de óptima varía según la finalidad del subproducto (pellets, harina de alta proteína) pero como pauta general se recomienda 11 % de humedad (Zappico, comunicación personal).

Existen investigaciones que demuestran la existencia de una amplia variabilidad entre la humedad de los granos provenientes de distintos materiales, ambientes (Sala, 2002), en la misma planta e inclusive proveniente de la misma espiga (Montross y otros, 1994). Según este autor, debido a el orden progresivo de formación de granos en la espiga, cuando en la punta de la espiga existe una variación a la humedad de cosecha un valor promedio de 18 % (valores extremos entre 13 y 25 %) en la base de la espiga una humedad promedio fue de 25 % (extremos 15.5 y 36.5). Esta dispersión no es mostrada por el humidímetro, el cual solo indica el valor promedio de la humedad los granos individuales de una muestra. Dicha variabilidad es máxima cuando el grano es recientemente cosechado, se mantiene aun si el grano es secado a alta temperatura, y solo puede ser reducida mediante un período de acondicionamiento (Montross y otros 1997) para la industria.

Es necesario que la humedad óptima no sea un promedio de una gran disimilitud de humedades de granos individuales sino que exista una homogeneidad en la humedad de los mismos. Esto permitiría un óptimo rendimiento industrial en el caso de procesamiento de soja, molienda húmeda y seca del maíz y un máximo volumen de expansión en el caso del maíz pisingallo. Teniendo en cuenta en el sistema de atmósfera modificada no se puede acondicionar el grano almacenado mediante aireación, sería de importancia determinar si este sistema permite la reducción de la variabilidad de la

humedad de los granos individuales en el tiempo para almacenamiento de grano con destino a industria.

Hipótesis principal

1. En el sistema de bolsas plástica se produce una homogeneización de la humedad individual de los granos en el corto plazo, por lo que no limita el almacenaje de grano con destino a industria.

Hipótesis secundarias

2. Además de la temperatura, existe también una estratificación de humedad del grano por efecto del proceso de condensación.
3. Con grano seco, no se produce deterioro del grano embolsado en el tiempo.
4. Con grano seco no existe variación de calidad en los distintos estratos del silo-bolsa.

Objetivos

Determinar si se produce la homogeneización de la humedad de los granos individuales a medida que transcurre el tiempo de embolsado.

Estimar el lapso de tiempo de almacenaje necesario para que se produzca dicha homogeneización.

Determinar si hay una estratificación de la humedad durante el almacenamiento.

Evaluar si existe estratificación del grano partido (o quebrado en soja) durante el embolsado.

Medir peso de 1000 para estimar su evolución en el tiempo.

Materiales y métodos

A comienzos del mes de mayo del 2006 se comenzó una serie de ensayos en dos establecimientos de la zona del partido de Balcarce (Buenos Aires). En el establecimiento Santa Ana-La Primavera, ruta 226 km 96,5 (entre las localidades de Tandil y Balcarce), pertenecientes a la firma El Monerío U.T.E, se estableció un ensayo con un silo-bolsa de 9 pies que contenía soja con una humedad inicial de 11,5 %. En el establecimiento La Isla de Ruth, cercano a localidad de Otamendi, se realizó un ensayo con una bolsa plástica de 9 pies que contenía maíz tipo semidentado (15,5 % de humedad).

En ambos casos se comenzó el muestreo del silo-bolsa el mismo día en que se confeccionaba la misma, delimitando el tramo correspondiente al ensayo con el contenido de una tolva de 14 t. La toma de muestras consistió en dos caladas (para obtener un suficiente tamaño de muestra) en profundidad, casi vertical, de 5 sectores próximos entre sí del silo-bolsa (3 de un lateral y 2 del contrario). Para ello se utilizó un calador sonda de celdas no unidas y 1,10 mts. de longitud. Las 2 caladas se volcaban en un catre, con un sentido delimitado previamente, y una vez muestreado cada sitio se

procedió a la separación manual del grano en tres estratos: superior, medio e inferior. Cada estrato de cada sitio se conservó en bolsas herméticamente selladas (tipo Ziploc) y rotuladas, obteniéndose un total de 15 muestras por fecha de muestreo. Esta metodología se repitió cada mes durante un total de dos meses con el fin de obtener un seguimiento temporal de las variables a medir.

Para ambos ensayos, y en todas las épocas (embolsado, al mes y a los dos meses de embolsado), se prosiguió a las siguientes mediciones, de humedad de granos individuales, determinación de la fracción quebrado/partido, humedad promedio y peso de mil granos:

Humedad de granos individuales

La determinación de la humedad individual de los granos se realizó mediante el método de estufa (grano expuesto a 103 °C durante 72 hs). Inmediatamente obtenida cada muestra se separaron al azar 20 granos, que visualmente presentaran todos sus componentes intactos, cada uno ubicado en un tubo Ependorp de 1,5 ml. Este instrumento es de material resistente a altas temperaturas, tiene el espacio suficiente para un grano y sobre todo posee cierre hermético, lo cual asegura que el contenido de humedad del grano no varíe durante su manipuleo. Posteriormente se procedió a identificar cada grano y pesarlo en una balanza granataria (0.0001 gr.). Los tubos se colocaron abiertos dentro de tubos de ensayos ubicados en gradillas de alambre para luego ir a estufa. Una vez transcurridas las 72 hs, se retiraban las gradillas, los tubos se cerraban inmediatamente y se procedía al pesaje de los granos sin humedad. La humedad de cada grano individual se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Humedad del grano "x"} = \frac{\text{Peso grano "x" húmedo (grs)} - \text{Pesograno "x" seco (grs)}}{\text{Pesograno "x" húmedo (grs)}}$$

Referencias:

Peso grano hdo.: Peso del grano húmedo, antes de ser secado por estufa

Peso grano seco: Peso del grano seco, luego de su paso por estufa.

El diseño empleado fue completamente aleatorizado con 5 repeticiones (lugares de muestreo), 20 submuestras por repetición (granos individuales) y arreglo factorial (períodos de tiempo y estratos), y los datos fueron analizados mediante un ANOVA (diferencias mínimas significativas del 0,01 %).

Partido o quebrado

Para la determinación de partido se tomaron además 5 muestras de la tolva durante el llenado del silo-bolsa en soja (no fue posible en maíz ya que al momento de la toma de muestras la embolsadora no estaba en funcionamiento), una vez embolsado, y a los 30 días para maíz y soja. La metodología utilizada se basó en homogeneizar y cuartear la muestra original a una de 50 grs. utilizando un cuarteador tipo Boerner y una balanza de corte. Para separar el material fino en maíz se utilizó un zaranda reglamentaria (de aluminio con agujeros circulares de 4,76 mm. de diámetro). Se colocaba los 50 grs. de muestra sobre el tamiz de la zaranda y se procedía a realizar 15

movimientos de vaivén sobre una superficie lisa y firme, con la longitud que el brazo, permita pesando luego el material depositado en el fondo. En soja se separó la fracción de quebrado mediante una zaranda y luego se completó con la separación visual ya que según la base de comercialización de esta oleaginosa indica la denominación de partido corresponde a cualquier grano que le falte una fracción del mismo. En ambas situaciones el material separado y pesado se expresa como porcentaje del peso de la muestra.

Humedad promedio de muestras

Se utilizó un humidímetro de principio de capacitancia, y además una segunda determinación correctiva mediante un método directo (estufa). La determinación por el método de estufa se realizó mediante el procedimiento anteriormente explicado para la humedad de granos individuales (103°C, 72 hs.). El diseño empleado fue completamente aleatorizado con 5 repeticiones (lugares de muestreo) y arreglo factorial (períodos de tiempo y estratos), y los datos fueron analizados mediante un ANOVA (diferencias mínimas significativas del 0,01 %)

Peso de mil granos

Como primera medida para cada muestra se realizó una separación de las fracciones grano y materias extrañas mediante zarandas, y luego se completó visualmente. Para el conteo de granos se utilizó un contador infrarrojo, obteniéndose 4 determinaciones de 250 granos por muestra que fueron a estufa a 103°C durante 72 hs. para luego calcular el peso de mil granos. El diseño empleado fue completamente aleatorizado con 5 repeticiones (lugares de muestreo) y arreglo factorial (Períodos de tiempo y estratos), y los datos fueron analizados mediante un ANOVA (diferencias mínimas significativas del 0,01 %)

Resultados y discusión

Humedad de muestras individuales y promedio

La figura 1 muestra la dispersión de humedades individuales en el ensayo de soja al momento del embolsado y hasta 60 días posteriores. Cuando el grano es recientemente cosechado presenta una amplia dispersión de humedades individuales que posee un rango entre 6 % y 20 % de humedad. A medida que transcurre el tiempo de almacenado la dispersión disminuye antes del mes de embolsado debido principalmente a una importante disminución de las humedades máximas (13,7 %) y no es explicada en gran medida por un aumento en los valores mínimos de humedad individual (9,5 %) ya que el porcentaje de granos por debajo de 9 % de humedad al momento del embolsado es inferior al 1 %. A los dos meses desde el embolsado se observa que la dispersión continúa decreciendo pero de forma más atenuada (rango entre 13 y 10,7 % de humedad). Al momento del embolsado el estrato superior del silo-bolsa presenta los granos con mayor y menor humedad inicial que los estratos medio e inferior, aunque la humedad promedio es muy similar a la de los demás estratos (Figura 2). A medida que transcurre el tiempo de almacenamiento la humedad individual se homogeniza lo que implica una disminución en la varianza (varianza promedio: 1,33 al momento del embolsado, 0,15 al mes y 0,10 a los 60 días). Además, durante el lapso del ensayo se observó una estratificación de humedad de los granos entre estratos del silo-bolsa

comienza a estratificarse ya que se incrementa significativamente la humedad promedio de los granos del estrato superior con respecto al resto (diferencias mínimas significativas al 0,01), en los demás estratos no existen diferencias de humedad al transcurrir el tiempo.

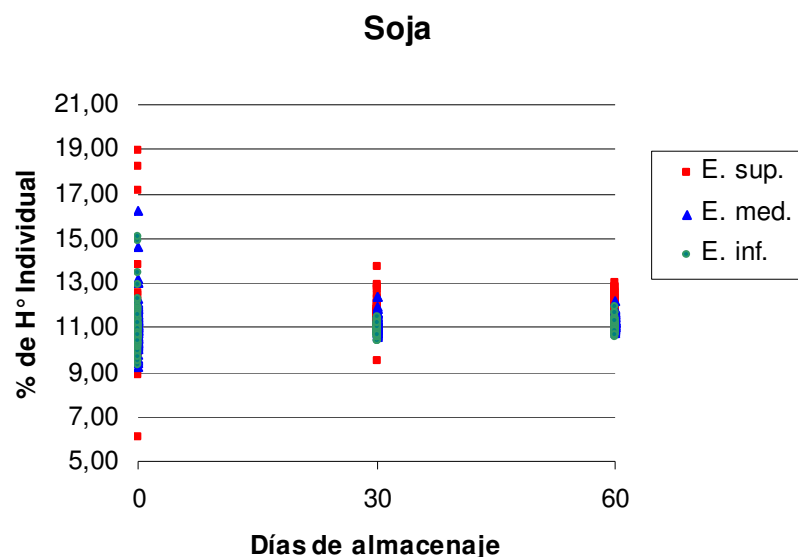


Figura 1: dispersión de humedades individuales para tres estratos (E) de un silo-bolsa de soja: superior (sup), medio (med.) e inferior (inf.), en tres momentos del almacenaje: 0 (inmediatamente después del embolsado), 30 y 60 días. Fuente: INTA PRECOP Balcarce, 2006.

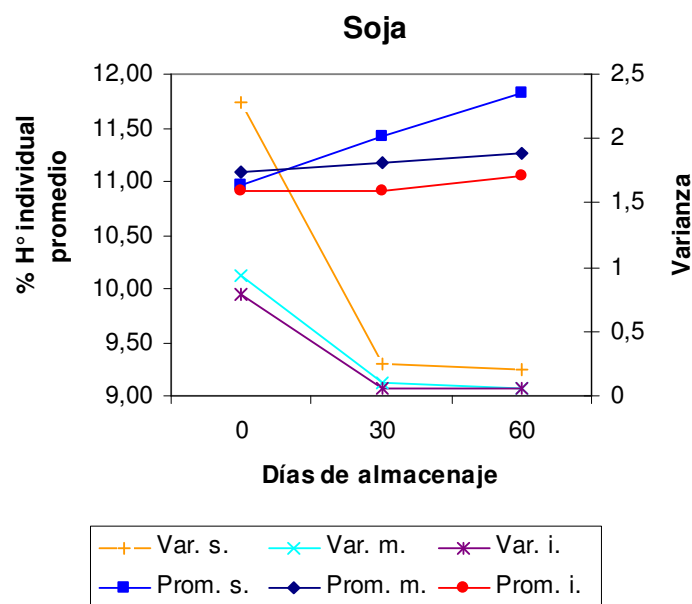


Figura 2: Varianza y humedades promedio para tres estratos de un silo-bolsa de soja: superior (s), medio (m.) e inferior (i), en tres momentos del almacenaje: 0 (inmediatamente después del embolsado), 30 y 60 días. Fuente: INTA PRECOP Balcarce, 2006.

La figura 3 muestra la evolución en la dispersión de humedades individuales de los granos de maíz. Hasta el mes de embolsado la dispersión de humedades sigue una evolución similar a la observada en soja, ya que al momento del embolsado los valores tienen una varianza promedio de 1,15 (rango entre 24,4 y 10 % de humedad), y a los 30 días la varianza disminuyó a 0,2 (rango entre 17,1 y 14,7 %). Entre los 30 y 60 días de almacenaje, a diferencia de lo observado en soja, no existe una disminución de la varianza sino que la misma se mantiene (rango entre 17,3 y 14,6 %). Si se analiza el comportamiento de la humedad promedio para granos individuales en maíz, se puede observar que también presenta una evolución diferente a la comentada para soja ya que la diferencia inicial de humedad entre estratos se mantiene en el transcurso del tiempo (nivel de significancia del 0,01 %) (Figura 4). Por lo tanto no se observa un aumento de la humedad promedio del estrato superior con respecto a los demás estratos (Figura 3).

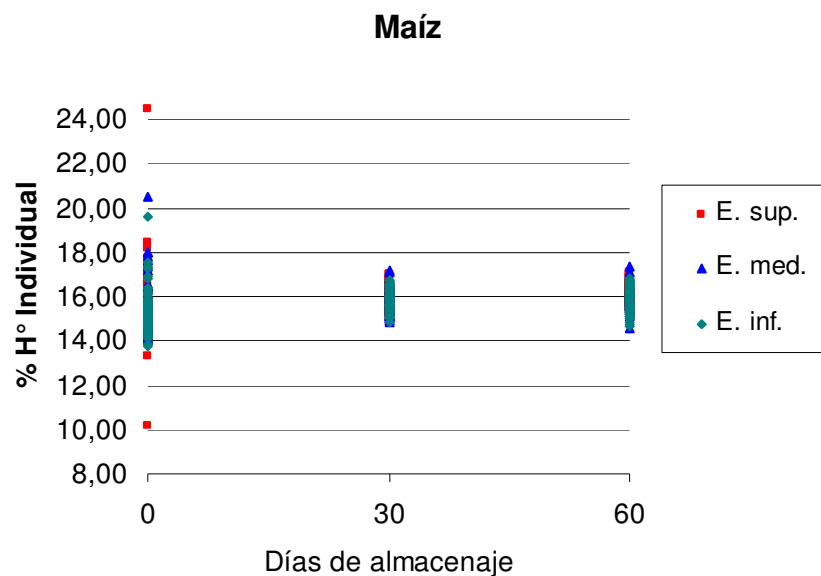


Figura 3: dispersión de humedades individuales para tres estratos (E) de un silo-bolsa que contiene maíz: superior (sup.), medio (med.) e inferior (inf.), en tres momentos del almacenaje: 0 (inmediatamente después del embolsado), 30 y 60 días. Fuente: INTA PRECOP Balcarce, 2006.

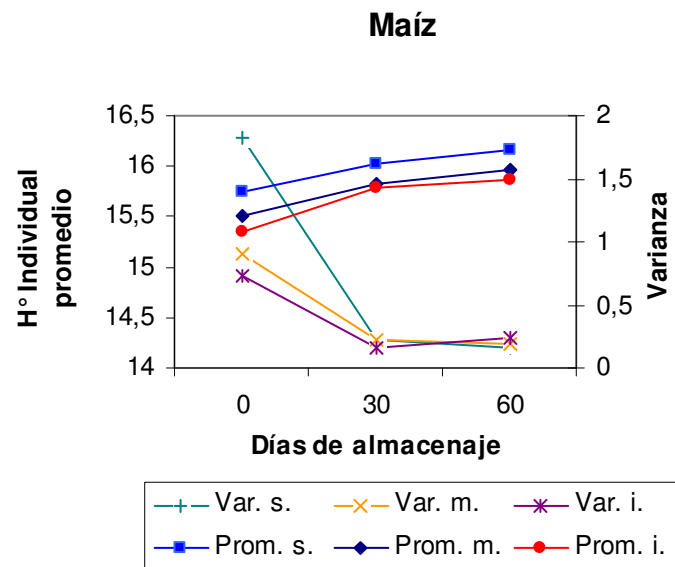


Figura 4: Varianza y humedades promedio (Prom.) para tres estratos de un silo-bolsa que contiene maíz: superior (s.), medio (m) e inferior (i), en tres momentos del almacenaje: 0 (inmediatamente después del embolsado), 30 y 60 días. Fuente: INTA PRECOP Balcarce, 2006.

Analizando la humedad de las muestras de soja se encontró que cuando el grano se encuentra recientemente almacenado, la humedad promedio de las muestras en los tres estratos no difieren significativamente entre sí (Figura 5). Durante los dos muestreos subsiguientes (30 y 60 días) se observó una interacción entre el tiempo de almacenaje y los estratos debido a que en el estrato superior la humedad aumenta linealmente con el tiempo. Esto resultó en una diferenciación de la humedad del estrato superior con respecto a los demás estratos, los cuales no difieren entre sí con el tiempo, aunque el estrato medio presentó una tendencia a humedecerse. Estos resultados no concuerdan con los obtenidos por Rodríguez y otros (2002) quienes realizaron ensayos con trigo, maíz, soja y girasol con distintas humedades (incluyendo las mencionadas en el presente ensayo y aún mayores) y detectaron estratificación de humedad solamente en algunos casos con girasol, dependiendo la posición del silo-bolsa.

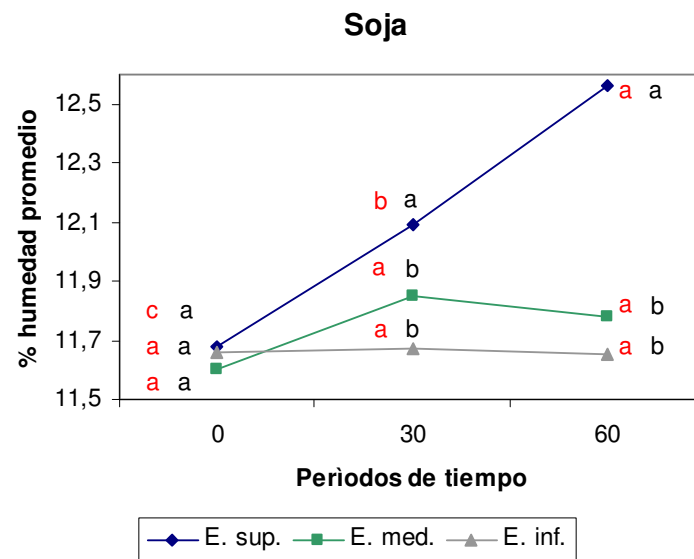


Figura 5: Humedades promedio para tres estratos un silo-bolsa que contiene soja: superior (Ssup.), medio (Smed.) e inferior (Sinf.), en tres momentos del almacenaje: 0 (inmediatamente después del embolsado), 30 y 60 días. Con letras negras se muestran las diferencias entre los distintos períodos y con letras rojas diferencias entre estratos para cada período específico (diferencias mínima significativa: 0,01). Fuente: INTA PRECOP Balcarce, 2006.

En maíz, si bien el análisis estadístico de las humedades promedio detectó diferencias significativas (Figura 6), no presentan ninguna tendencia por estrato y esto fue debido a un muy bajo coeficiente de variación (1,5), que detectó diferencias de 0,07 %, valor ínfimo a fines prácticos. Además, estos niveles de diferencia se encuentran por debajo del error que se maneja en la medición de humedad.

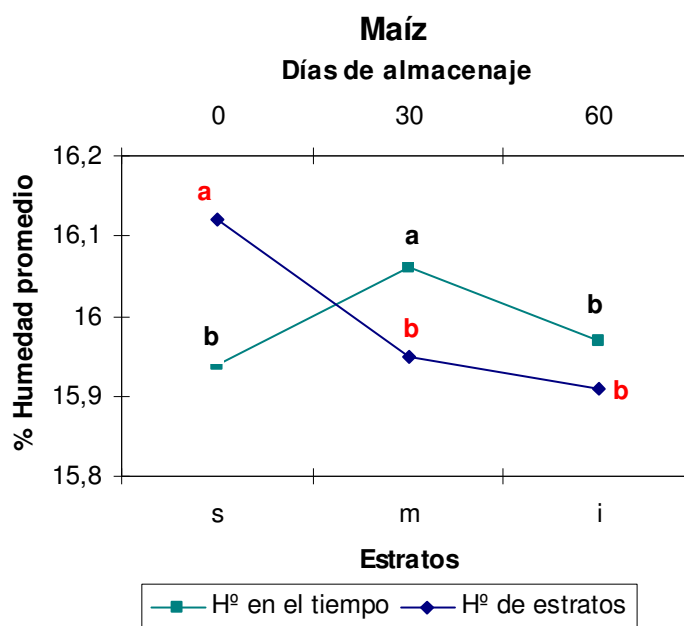


Figura 6: Humedades promedio para tres estratos de un silo-bolsa que contiene de maíz: superior (s), medio (m) e inferior (i), en tres momentos del almacenaje: 0 (inmediatamente después del embolsado), 30 y 60 días. Con letras negras se muestran las diferencias entre los distintos momentos y con letras rojas diferencias entre estratos (diferencias mínima significativa: 0,01). Fuente: INTA PRECOP Balcarce, 2006.

El análisis también arrojó diferencias significativas entre la humedad promedio del estrato superior los estratos restantes, las cuales no difieren entre sí (Gráfico 6). No se encontró interacción entre los estratos y períodos de tiempo. Esto indica que la evolución humedad en el tiempo es similar en los 3 estratos. Por lo tanto las diferencias de humedad que existen entre el estrato superior y los estratos medio e inferior al comienzo del ensayo, se mantienen durante el mismo y no existe una estratificación de la humedad en el tiempo, sino que se detectó leves diferencias (posiblemente aleatorias) en el transcurso de todo el ensayo.

El aumento de humedad en el tiempo del grano en la bolsa y la estratificación de la misma se produce porque en la bolsa hay movimientos de humedad (ya sea por movimientos convectivos de aire (Casini, 2004) o difusión del vapor de agua hacia la superficie) que finalizan con la condensación de la humedad sobre el grano y la pared interna del silo-bolsa. Este efecto se acentúa en aquellas áreas donde hay una mayor amplitud térmica (La Nación, 2004), donde las diferencias de temperaturas durante otoño-invierno son suficientes para producir condensación aún en grano a humedad de recibo (hecho observado al realizar el ensayo).

Un aspecto importante a considerar es que según el tipo de grano embolsado varía la intensidad de los fenómenos de estratificación de humedad producidos en la bolsa. El grano de soja es más higroscópico que el de maíz y por lo tanto el proceso de condensación afecta no solo a la humedad individual de los granos que están en contacto con la pared del silo-bolsa sino que con el tiempo se produce una estratificación de la humedad promedio. Dicha estratificación no es lo suficientemente grande para atenuar el proceso de homogenización de la humedad individual que se

produce dentro del silo-bolsa. En el caso de maíz también ocurre condensación, aun así no se observa claramente una estratificación de la humedad en el tiempo y la homogeneización de la humedad individual es más atenuada que en soja (varianza promedio a los 60 días de 0,1 para soja vs. 0,19 en maíz).

Partido o quebrado

La figura 7 presenta los promedios calculados del porcentaje de quebrado en las muestras extraídas de distintos niveles de la tolva y de todas las muestras tomadas del silo-bolsa plástica inmediatamente después del embolsado y al mes del mismo. No se observa un aumento visible por efecto del sinfín de la tolva de descarga.

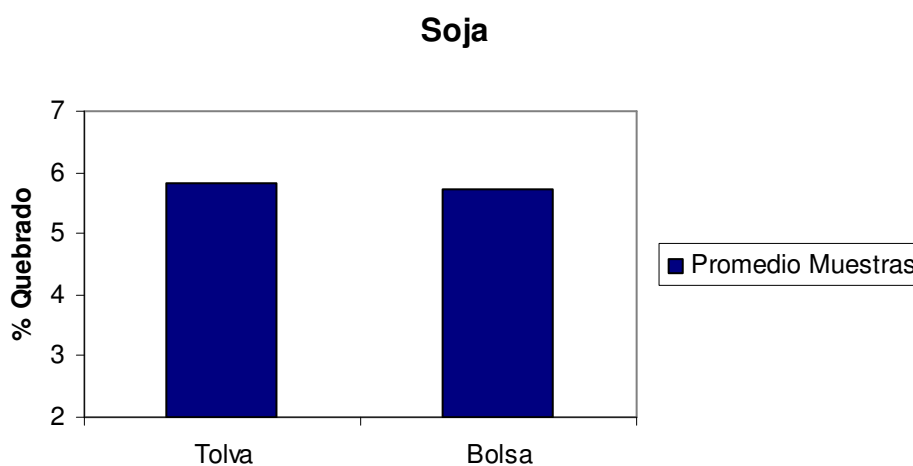


Figura 7: Porcentajes promedio de quebrado para las muestras obtenidas de distintos niveles en la tolva y en el silo-bolsa. Fuente: INTA PRECOP Balcarce, 2006.

En las figuras 8 y 9 se observan los porcentajes de quebrado y/o partido en los diferentes estratos para soja y maíz respectivamente. En ambos ensayos se no se observó problemas de calidad, ya que en una liquidación del grano de soja almacenado no correspondería ninguna rebaja (comienza a rebajar a partir del 20 %), y en el caso de este maíz se clasificaría como grado 1 en cuanto a este rubro (hasta 2 %). En ambos casos se observó que existe una estratificación del material fino hacia la base del silo-bolsa como producto del embolsado. En maíz el porcentaje partido se duplica si se observan los valores del estrato superior (0,4 %) e inferior (0,84 %) y en soja la estratificación no es de similar importancia que para maíz pues aumenta un 20 % desde el estrato superior al inferior. Se debe tener en cuenta que para soja cualquier grano que presente una fracción del mismo, aunque pequeña, es considerado partido y aporta un alto porcentaje al valor final. En cambio en el caso de maíz se considera restos de grano al material que cuele por la zaranda reglamentaria. Entonces teniendo en cuenta que el material fino es más susceptible al ataque de hongos, insectos y bacterias se podría estimar que el estrato inferior del silo-bolsa es más propenso que el resto del silo-bolsa en cuanto a este factor, y por lo tanto no debe dejarse de lado al momento de la toma de muestras.

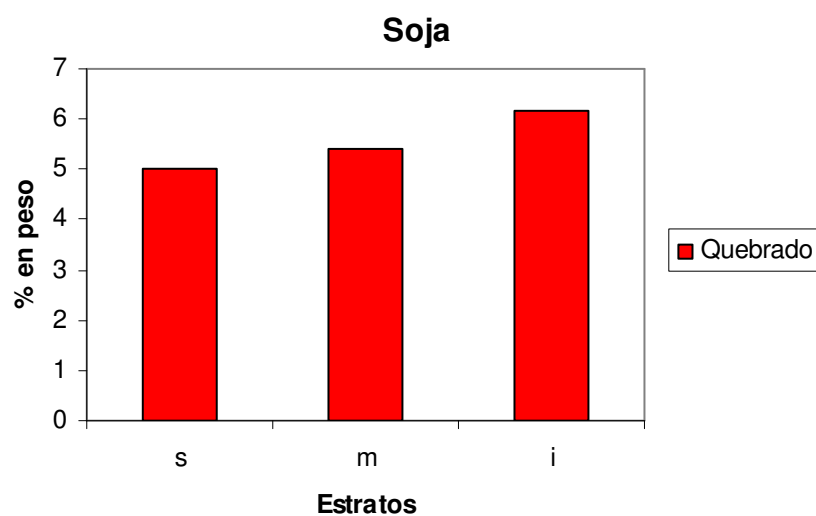


Figura 8: Porcentaje promedio de quebrado para tres estratos de un silo-bolsa que contiene soja: superior (s), medio (m) e inferior (i). Fuente: INTA PRECOP Balcarce, 2006.



Figura 9: Porcentaje promedio de quebrado para tres estratos de un silo-bolsa que contiene soja: superior (s), medio (m) e inferior (i). Fuente: INTA PRECOP Balcarce, 2006.

Evolución del peso de mil granos

Este parámetro presenta tendencias disímiles en ambos ensayos (Gráfico 10). En la bolsa plástica que contiene soja presenta una disminución significativa del peso de mil granos entre los 30 y 60 días de almacenado y para maíz no existen diferencias en la materia seca en distintos períodos de tiempo. Dicha disminución del peso de mil no coincide con la bibliografía (Casini y otros, 2005), que presenta a humedad por debajo de 14 % como de bajo riesgo de deterioro. Los motivos que causaron estas diferencias no pueden ser explicadas en el presente trabajo, requiriéndose nuevas experiencias para estudiar el fenómeno con más precisión. Los resultados de maíz coinciden con la

información presentada por el PRECOP (Casini y otros, 2005), en el cual a humedades de 15-16 % el grano presenta un riesgo bajo de deterioro durante un período de dos meses.

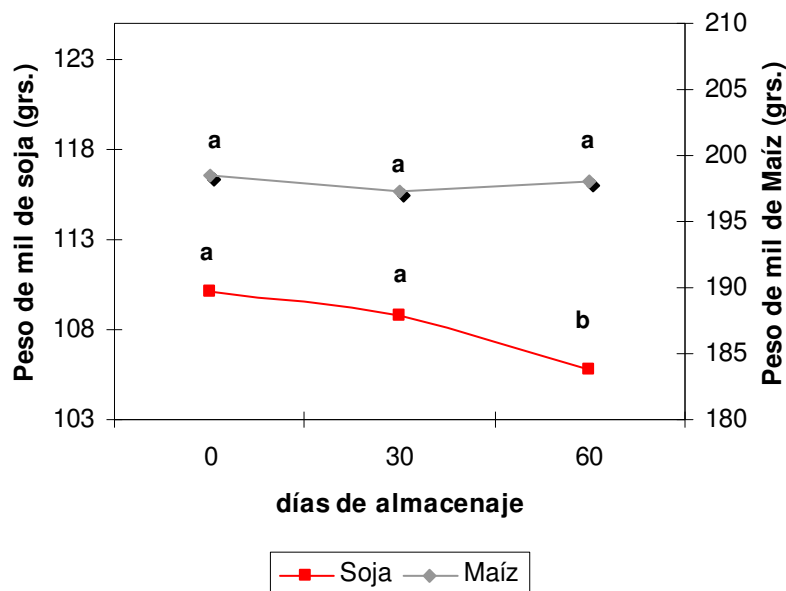


Figura 10: Peso seco de mil granos para soja y maíz en tres períodos de tiempo: 0 (inmediatamente después del embolsado), 30 y 60 días (diferencias mínimas significativas al 0,01%).

Fuente: INTA PRECOP Balcarce, 2006.

Conclusiones

- En el sistema de atmósfera modificada se produce una importante homogeneización de la humedad individual antes del mes del momento de almacenamiento, la magnitud de la homogeneización es mayor en soja que para maíz.
- Con el tiempo de almacenamiento se observó una estratificación de la humedad en soja (rehumedecimiento de una fina capa de granos en la superficie), no así en granos menos higroscópicos (maíz).
- No se produjo aumento de la fracción quebrado por efecto del sinfín de la tolva (buen estado).
- Durante la formación del silo-bolsa se produce una estratificación del quebrado/partido, el cual se aumenta al doble en el estrato inferior para maíz y un 20 % en soja.
- En el ensayo de maíz no se observó disminución del peso de mil durante el almacenamiento, mientras que en el caso de soja se registró una disminución este parámetro que no se puede explicar con el presente ensayo.
- En base a las variables observadas, no se encontró desventajas que impidan el almacenamiento de grano en bolsa con destino a industria.

Bibliografía

1. **Bragachini**, 2003. Gacetilla N° 42- Precisión: Cómo influye la cosecha sobre la calidad de los granos. Extraído de: www.feriagroargentina.com.ar/prensa. Accedido en agosto del 2006.
2. **Casini, C.** 2002. Guía para almacenar Granos Secos ensilo-bolsa. Proyecto Regional de Producción Agrícola Sustentable. EEA INTA Manfredi, Córdoba.
3. **Casini, C., Rodríguez, J. C., Bartosik, R. E** 2003. Almacenamiento. En Eficiencia de Cosecha y Almacenamiento de Granos. Ed. INTA. Buenos Aires. pp. 78.
4. **Casini, C.** 2004. Silo bolsa-Consejos de Manejo. Obtenido en: www.prograno.org.ar/unanoticia.phpid. Accedido en agosto de 2006.
5. **Casini, C., Rodríguez, J. C., Cabral, G.** 2005. Postcosecha de Soja, Situación Actual. Bragachini, M. y Casini, C.: Soja, Eficiencia de Cosecha y Postcosecha. Manual Técnico N° 3 INTA – PRECOP. Manfredi, Córdoba. pp. 250.
6. **La Nación**, 2004. Silo bolsas: Pérdidas que podrían evitarse. Obtenido en: www.bccba.com.ar/bcc/images/Trigo2005. Accedido en agosto del 2006.
7. **Mayer, D. E. Yanucci**, 2000. Secado, Libro de Actualización N° 1. Granos & Postcosecha Latinoamericana, de la Semilla al Consumo. Buenos Aires. pp. 201.
8. **Montross, M. D., Bakker-Arkema, F. W. Leppanen, C. L. and Hines, R. E.** 1994. Moisture content variation and grain quality of corn dried in different high-temperature dryers. ASAE Paper 94-6590, St. Joseph, MI 49085-9559 USA.
9. **Montross, J. E, Liu Q., Bakker-Arkema F. W., Montross, M. D, and Mayer, D. E.** 1997. Moisture content and stress-crack distributions in different high-temperature dryer types. ASAE Paper 97-6031, St. Joseph, MI 49085-9659 USA.
10. **Rodríguez, J. C., Bartosik, R. E., Malinarich H.D., Exilart, J.P. y Nolasco, M.E.** 2002. Almacenaje de granos en silo-bolsas: Sistema silobag, Informe Sobre Girasol. Extraído de: www.engormix.com/almacenaje . Accedido en agosto del 2006.
11. **Rodríguez, J. C., Bartosik, R. E. Malinarich H.D.** 2002. Almacenaje de Granos en silo-bolsas, Informe Final de Trigo. En: Almacenamiento de Granos en Silos Bolsa. Obtenido en: www.terratecargentina.com. Accedido en agosto del 2006.
12. **Rodríguez, J. C.** 2005. 1^{er} Jornada de Trigo de la Región Centro. Calidad en Secado de Granos. Obtenido en: www.bccba.com.ar/bcc/images/Trigo2005/Conf%2012.pdf
13. **Sala, R. G.** 2002. Análisis de ligamiento genético para humedad del grano en maíz. Obtenido en: www.inta.gov.ar/balcarce/ResumenesPG/PGPV2002/resusala.htm. Accedido en agosto del 2006.