

I.S.S.N. 1667-9199

# Almacenamiento de granos en bolsas plásticas

Resultados de investigación

Convenio de Vinculación Tecnológica:  
INTA – Empresas Fabricantes de Bolsas Plásticas

Proyecto de Eficiencia de Cosecha, Postcosecha e Industrialización de los Granos



# bolsas para almacenamiento de granos

Ediciones

Instituto Nacional de  
Tecnología Agropecuaria



# Agrinplex®

conserva mejor hasta el último grano de su cosecha!

**400 Tn.**



**Duplica su capacidad de acopio**



**Ahorra hasta 50% de costos operativos**

**12 PIES**  
**la bolsa más grande**  
**del mundo!**



**Alta tecnología en plásticos para el Agro**

[www.inplexvenados.com](http://www.inplexvenados.com) - 0800-555-AGRO (2476)

# Almacenamiento de granos en bolsas plásticas

## Resultados de investigación

Convenio de Vinculación Tecnológica:  
INTA – Empresas Fabricantes de Bolsas Plásticas

Proyecto de Eficiencia de Cosecha y Postcosecha e Industrialización de los Granos

Industrias Plásticas por Extrusión S.A. (IPESA)

Plastar San Luis S.A. (Plastar)

Venados Manufacturas Plásticas S.A. (Inplex Venados)

INTA - PRECOP II



INTA E.E.A. Manfredi  
Manfredi, Córdoba (AR)  
Febrero de 2009

---

**IpesaSilos**    
*Embolsa más*

**SILOBOLSA®**

 **PLASTAR**

**Bolsas para Silo**

**Agrinplex®**

**PRECOP**  **INTA**  
  
*Hacia la industrialización del campo*

## **Autoridades del INTA**

Febrero del 2009

### **Presidente**

Ing. Agr. Carlos Alberto Paz

### **Director Nacional**

Ing. Agr. Nestor Oliveri

### **Director Centro Regional Córdoba**

Ing. Agr. Emilio Severina

### **Director Estación Experimental Manfredi**

Ing. Agr. Enrique Ustarroz



### **Coordinador Proyecto Propio de la Red PRECOP II**

Ing. Agr. Cristiano Casini

### **Coordinador Proyecto Específico Cosecha**

Ing. Agr. Mario Bragachini

### **Coordinador Proyecto Específico Postcosecha**

Ing. Agr. Ricardo Bartosik

### **Coordinador Proyecto Específico Agroindustrias**

Ing. Agr. Alejandro Saavedra

---



## Resultados de investigación

# “Almacenamiento de granos en bolsas plásticas”

Convenio de Vinculación Tecnológica:  
INTA – Empresas Fabricantes de Bolsas Plásticas

Proyecto de Eficiencia de Cosecha y Postcosecha de Granos (PRECOP)

Editores:           Ing. Agr. (PhD) Cristiano Casini  
                          Ing. Agr. (PhD) Juan Carlos Rodríguez  
                          Ing. Agr. (PhD) Ricardo Bartosik

Autores:            Ing. Agr. Jorge Azcona  
                          Ing. Agr. (PhD) Ricardo Bartosik  
                          Ing. Agr. Leandro Cardoso  
                          Ing. Agr. (PhD) Cristiano Casini  
                          Ing. Agr. Alejandro Couretot  
                          Ing. Agr. (Dr.) Mario Desimone  
                          Ing. Agr. Hernán Ferrari  
                          Ing. Agr. Adriana Iris Godoy  
                          Ing. Agr. Ramón Hidalgo  
                          Ing. Agr. Rubén Luque  
                          Ing. Agr. (MSc) Oscar Pozzolo  
                          Ing. Agr. (PhD) Juan Carlos Rodríguez  
                          Ing. Agr. Héctor Rojo Guiñazú  
                          Ing. Agr. Diego Mauricio Santa Juliana  
                          Ing. Agr. Diego Valdéz

Comisión Técnica Revisora:  
                          Ing. Agr. Hernán Berardocco  
                          Ing. Agr. Carlos Di Tullio  
                          Ing. Agr. Guillermo Lardies  
                          Ing. Agr. Luis Héctor Malinarich  
                          Ing. Agr. Pablo Seniow  
                          Ing. Agr. Alberto Stavisky

Corrección y diagramación Técnica:  
                          Ing. Agr. Diego Mauricio Santa Juliana

Empresas Patrocinantes:  
                          Industrias Plásticas por Extrusión S.A. (IPESA)  
                          Plastar San Luis S.A. (PLASTAR)  
                          Venados Manufacturas Plásticas S.A. (INPLEX VENADOS)

---





## **Prólogo**

La tecnología de almacenamiento en bolsas plásticas fue introducida en el país en el año 1994 y a partir del año 1995 se comenzaron a realizar, por el INTA, los primeros ensayos en la Argentina. Prácticamente, en ese entonces, los antecedentes de investigación en el mundo eran muy escasos, pero de mano del INTA se comenzó a desarrollar una serie de ensayos en ciertos cultivos que dieron una base para que esta tecnología también comenzara a difundirse lentamente en el país. Desde sus comienzos se usó con escasos conocimientos técnicos debido a la poca información a nivel local e internacional que se disponía. En ese entonces se producían pérdidas en cantidad y calidad dada la poca experiencia de los productores que usaban este sistema. Con el transcurrir del tiempo los productores agropecuarios comenzaron a descubrir una serie de ventajas técnico – económicas y la adopción de la tecnología fue creciendo rápidamente y la demanda de investigación y experimentación también fue creciendo. Ante este escenario, en el año 2004, se concreta un Convenio de Vinculación Tecnológica entre el INTA y las principales empresas fabricantes de bolsas plásticas en el país, con el objetivo de fortalecer el desarrollo de esta tecnología mediante la investigación y experimentación aplicada. Esta decisión de las empresas Industrias Plásticas por Extrusión S.A. (IPESA), Plastar San Luis S.A. (Plastar) y Venados Manufacturas Plásticas S.A. (Inplex Venados) fortaleció en forma enérgica la investigación en almacenamiento de granos en bolsas plásticas.

Gracias a esta iniciativa, desde el año 2004, se formó una red de investigación y experimentación del INTA a lo largo de todo el país, incluyendo el Chaco (EEA Las Breñas), Salta (EEA Salta), Córdoba (EEA Manfredi), Entre Ríos (EEA C. del Uruguay), Corrientes (UNEECorr) y Buenos Aires (EEA Pergamino y EEA Balcarce), que se comportaron como verdaderos centros de desarrollo tecnológico.

El trabajo de los técnicos del INTA y la concreción de este Convenio de Asistencia Técnica, a través de los años, dieron como producto la determinación de la tecnología adecuada para este sistema de almacenamiento. Se trabajó en granos de los cultivos tradicionales (Maíz, Soja, Trigo, Girasol, Sorgo) y se incorporaron otros como la Cebada, Arroz, Poroto y Algodón. Toda esta experiencia lograda gracias a una fuerte integración entre el sector privado y el INTA, hace que hoy la Argentina tenga los avances más destacados del mundo en almacenamiento de granos en bolsas plásticas y lidera esta tecnología en otros países. Esto fomentó la exportación de máquinas, equipos y bolsas hacia otras partes del mundo y permitió que esta práctica, que se aplicaba solamente a nivel de productor agropecuario, también se aplique en los acopios, puertos y empresas industriales. La confiabilidad lograda en esta tecnología, incentivó el uso de este tipo de almacenamiento, llegando a la última campaña (07/08) a un volumen de granos en bolsas plásticas superior a los 35 millones de t.

Este Convenio de Vinculación Tecnológica entre el sector privado y el sector oficial ha contribuido significativamente al crecimiento del sector agropecuario, de las empresas fabricantes de bolsas, de insumos, máquinas y equipos, con el consiguiente beneficio económico – social de un importante sector de la Argentina. De parte del INTA y con el apoyo de las empresas involucradas en este Convenio, nos sentimos orgullosos de ser parte de este crecimiento con equidad, constituyéndose en un ejemplo para toda la sociedad Argentina.

Ing. Agr. Néstor Olivieri  
Director Nacional del INTA

---



# Índice

Prólogo

Introducción:

- Antecedentes sobre el almacenamiento de granos
- Principios básicos del almacenamiento de granos en bolsas plásticas
- Elementos que intervienen en el almacenamiento de granos en bolsas plásticas
- Experiencias llevadas a cabo por el INTA

Desarrollo de la Tecnología en diversas regiones del país:

## Cap.1 Buenos Aires. Balcarce:

**Trabajo 1** Almacenaje de maíz, trigo, soja y girasol en bolsas plásticas herméticas. 1

**Trabajo 2** Detección temprana de procesos de descomposición de granos almacenado en bolsas de plásticos herméticas mediante la medición de CO<sub>2</sub>. 15

**Trabajo 3** Estudio de la evolución de la humedad de los granos individuales en bolsas plásticas de maíz y soja. 23

**Trabajo 4** Factores que afectan la concentración de dióxido de Carbono en el aire intersticial de trigo almacenado en bolsas plásticas herméticas. 35

**Trabajo 5** Factores que afectan la concentración de dióxido de Carbono en el aire intersticial de soja almacenada en bolsas plásticas herméticas. 41

## Cap.2 Buenos Aires. EEA Pergamino:

**Trabajo 1** Almacenaje de granos de soja en bolsa plástica. 47

**Trabajo 2** Almacenaje de sorgo en bolsa plástica. 51

**Trabajo 3** Calidad nutricional de maíz almacenado en bolsas plásticas. 57

## Cap.3 Entre Ríos. EEA Concepción del Uruguay:

**Trabajo 1** Conservación de arroz en bolsas plásticas a humedad base cámara. 65

**Trabajo 2** Conservación de arroz a diferentes humedades en bolsas herméticas. efecto de la media sombra. 71

---

	<b>Trabajo 3</b> Estudios de distintos factores incidentes en la calidad de arroz conservado en bolsas plásticas.	79
	<b>Trabajo 4</b> Efecto de tornillos de Arquímedes de embolsadoras y extractoras en la calidad de arroz.	87
<b>Cap.4</b>	<b>Chaco. EEA Las Breñas:</b>	
	<b>Trabajo 1</b> Estudio del efecto de la media sombra sobre la calidad de los granos de soja almacenados en bolsas plásticas.	93
	<b>Trabajo 2</b> Estudio del efecto de la media sombra sobre la calidad de los granos de soja y maíz almacenados en bolsas plásticas.	99
	<b>Trabajo 3</b> Campaña 2005/06 embolsado de soja: evaluación del almacenaje.	105
	<b>Trabajo 4</b> Campaña 2005/06 embolsado de soja: evolución de la temperatura y su impacto en la calidad del almacenaje.	111
<b>Cap.5</b>	<b>Córdoba. EEA Manfredi:</b>	
	<b>Trabajo 1</b> Estudio del efecto de la media sombra sobre la calidad de los granos de soja y maíz, con alta humedad, almacenados en bolsas plásticas.	115
	<b>Trabajo 2</b> Estudio del efecto de la media sombra sobre la calidad de los granos de maíz y soja, con alta humedad, almacenados en bolsas plásticas.	127
	<b>Trabajo 3</b> Efecto de la cobertura sobre bolsas plásticas, con granos de maíz almacenados con alto contenido de humedad.	141
	<b>Trabajo 4</b> Determinación del efecto de la temperatura ambiente sobre la atmósfera interna de la bolsa plástica con maíz.	147
	<b>Trabajo 5</b> Determinación del efecto de la humedad del maíz sobre la concentración de O <sub>2</sub> y CO <sub>2</sub> , en bolsas plásticas.	153
<b>Cap.6</b>	<b>Salta. EEA Salta:</b>	
	<b>Trabajo 1</b> Almacenamiento de poroto ( <i>Phaseolus vulgaris L.</i> ) en bolsas plásticas con relación al contenido de humedad inicial, deterioro de los granos y el tiempo.	161
	<b>Trabajo 2</b> Evaluación del efecto de media sombra en la calidad del poroto almacenado en bolsas plásticas con sistema de embolsado por gravedad.	169

### **Conclusiones generales**

---

## Introducción:

- Antecedentes sobre el almacenamiento de granos
- Principios básicos del almacenamiento de granos en bolsas plásticas
- Elementos que intervienen en el almacenamiento de granos en bolsas plásticas
- Experiencias llevadas a cabo por el INTA.

### Antecedentes sobre el almacenamiento de granos

La postcosecha es una actividad que comienza una vez que el grano ha sido cosechado en el campo, continúa durante el acondicionamiento y almacenamiento, y culmina en el momento del uso final del grano, ya sea como insumo de un proceso industrial o como alimento.

Todas las prácticas que se realizan durante la poscosecha tienen un objetivo común, *minimizar las pérdidas de granos tanto en forma cuantitativa como en forma cualitativa* durante esta etapa.

Para lograr un almacenamiento exitoso se debe partir de la siguiente premisa, *el grano que ingresa en el silo debe estar seco, sano, limpio y frío*, y en estas condiciones se lo debe mantener.

Según el tipo de almacenamiento que se utilizará, dependerá la estrategia de conservación de granos que deberá aplicarse.

En general hay dos tipos de almacenamiento de granos: en atmósfera normal y en atmósfera modificada.

El almacenamiento en **Atmósfera normal**, es un almacenamiento donde el aire que rodea a los granos prácticamente tiene la misma composición de gases del aire atmosférico. Es el tipo de almacenamiento más difundido y que incluye a los silos de chapa, celdas de almacenamiento, silos de malla de alambre, galpones, etc.

En este tipo instalaciones, debido a que el aire que los rodea es el aire normal que circula por el ambiente, tiene el riesgo que se pueden desarrollar insectos y hongos, para los cuales se necesita que permanentemente se realice un estricto control químico con insecticidas, secado de los granos y/o aireación entre otras tareas.

El segundo tipo de almacenamiento antes mencionado, es el de atmósfera modificada, que consiste básicamente en generar condiciones de hermeticidad tales que se genera una modificación de gases de la atmósfera intergranaria, ocasionando una reducción de la concentración de Oxígeno y un aumento en la concentración de dióxido de Carbono, actuando como controladores de los procesos respiratorios de hongos e insectos. De esta forma se controla su desarrollo y se evita el daño de los granos. Este tema ha sido largamente estudiado en todo el mundo, lleva más de 100 años de análisis y se han encontrado muchas ventajas con respecto al almacenamiento en Atmósfera normal. Efectivamente los granos en ausencia de Oxígeno disminuyen su deterioro y mejora notablemente su conservación. Pero este sistema no se pudo poner en práctica hasta la aparición de las bolsas plásticas.

Este sistema de almacenamiento es una tecnología que se ha impuesto no sólo en Argentina sino tam-

---

bién en otros países del mundo. La tecnología actualmente empleada, es de origen argentino y se está difundiendo en esos países. Hasta el momento ha demostrado ser un sistema altamente eficiente, seguro y no contaminante de los granos. En el almacenamiento en bolsas plásticas no es usual el uso de insecticidas para controlar insectos y el riesgo de desarrollo de micotoxinas es muy bajo, si se mantiene la bolsa intacta. Esto significa que este sistema de almacenar los granos en bolsas plásticas se presenta como una gran alternativa para productores, acopiadores e industrias.

### **Principios básicos del almacenamiento de granos en bolsas plásticas**

El principio básico de las bolsas plásticas, es similar a un almacenamiento hermético, donde se crea una atmósfera automodificada ya que se disminuye la concentración de Oxígeno y aumenta la concentración de anhídrido Carbónico. Esto es el resultado principalmente de la propia respiración de los granos.

Esta modificación de la atmósfera interior de las bolsas plásticas crea situaciones muy diferentes de lo que ocurren en un almacenamiento tradicional. Al aumentar la concentración de anhídrido Carbónico se produce un control, en general, sobre los insectos y sobre los hongos. Cabe destacar que los hongos son los principales causantes del calentamiento de los granos cuando se almacenan con tenores de humedad superior a los valores de recibo. También al disminuir el porcentaje de Oxígeno, disminuye el riesgo de deterioro de los granos.

Los insectos son los primeros que sufren el exceso de anhídrido Carbónico y falta de Oxígeno, controlándose primeramente los huevos, luego las larvas, los adultos y finalmente las pupas. Éstas últimas comienzan a controlarse con una concentración anhídrido Carbónico mayor al 15% en el aire interior de la bolsa plástica.

La condición inicial influye en gran proporción en el comportamiento de los granos durante el almacenamiento. No se recomienda almacenar en este sistema granos húmedos y además que tengan mucho daño climático y/o mecánico.

### **Elementos que intervienen en el almacenamiento de granos en bolsas plásticas**

Los elementos fundamentales que intervienen en esta tecnología son: la bolsa plástica, la máquina embolsadora, la tolva autodescargable y la máquina extractora.

**La bolsa plástica** es un envase de polietileno de baja densidad, aproximadamente de 235 micrones de espesor, conformada por tres capas y fabricada por el proceso de extrusado. La capa exterior, es blanca y tiene aditivos, filtros de UV y (dióxido de Titanio) para reflejar los rayos solares. La del medio, es una capa neutra y la del interior tiene un aditivo (negro humo), que es protector de los rayos ultravioletas y evita la penetración de la luz. Son muy similares a los envases (sachets) que se usan para muchos tipos de alimentos fluidos (leche, jugos, etc.). Son fabricadas con una alta tecnología (máquinas extrusoras). La bolsa es un envase, cuyo tamaño puede ser de hasta 400 t de granos. Se presentan de 5, 6 y 9 10 y 12 pies de diámetro y con una longitud de 60 y 75 m. y tienen una garantía ante agentes climáticos (excepto piedra y granizo) de 24 meses.

**La máquina embolsadora** es un implemento que se utiliza para cargar (depositar) el grano en la bolsa plástica. Consta de una tolva de recepción, un túnel donde se coloca la bolsa y un sistema de frenos, con los cuales se regula el llenado y estiramiento de la bolsa. Se activa por intermedio de la toma de fuerza del tractor, conectada a la embolsadora por intermedio de una barra cardánica. Estas máquinas pueden embolsar aproximadamente 250 t de granos por hora.

---

**La máquina extractora** es un implemento que se utiliza para vaciar la bolsa. Consta de una serie de tornillos sinfin, que tienen por misión tomar el grano de la bolsa y transportarlo hasta la tolva autodescargable. Estas máquinas son activadas por la toma de fuerza del tractor, conectada a la extractora por intermedio de una barra cardánica. Su capacidad de extracción es superior a las 150 t/hora, siendo el valor declarado por las fábricas de 180 t/hora.

**La tolva autodescargable** es un carro con una gran tolva que se utiliza para llevar directamente el grano desde la cosechadora a la embolsadora. Esta tolva consta además, de un gran tornillo sinfin que transporta el grano desde este carro a la tolva de la embolsadora.

### **Experiencias llevadas a cabo por el INTA**

El INTA comenzó las primeras experiencias en bolsas plásticas en el año 1995/96 en la Estación Experimental Agropecuaria de Manfredi (Córdoba), continuando la EEA de Balcarce. Posteriormente a partir del año 2004 se potencia toda esta investigación con la firma de un Convenio de Vinculación Tecnológica entre el INTA y tres empresas fabricantes de bolsas plásticas (IPESA, PLASTAR e IMPLEX VENADOS). Se formó una red de investigación en varias estaciones experimentales, integrada por las EEA's Balcarce, Concepción del Uruguay, Las Breñas, Manfredi, Pergamino y Salta, localizadas en diferentes áreas geográficas del país con el objetivo de reeditar y comparar experiencias en diferentes cultivos y condiciones climáticas.

Como resultado de esta actividad de investigación y experimentación, la Argentina, es actualmente, el país líder mundial en esta tecnología, que es utilizada por los productores agropecuarios, industrias, acopios y puertos. Además es proyectada a muchos países del mundo, por ejemplo: Sud África, Australia, Rusia, Kazajstan, toda Latinoamérica, países de Europa y también en EE.UU. y Canadá; hacia los cuales, la industria nacional está exportando máquinas, tolvas y bolsas.

---





**IpesaSilos**  
Embolsa más



► Líder en almacenamiento  
de granos y forrajes

GALETO

**IPESASILOS**



► 0800 222 7456

ventas@ipesa.com.ar  
www.ipesa.com.ar

## Estaciones Experimentales participantes del Proyecto Nacional de Eficiencia de Cosecha y Postcosecha de Granos.



● Todas las Experimentales intervinientes trabajan en Soja, Maíz, Trigo, Girasol y Sorgo Granífero.

● EEA Salta: Responsable Cultivo de Poroto

● EEA C. del Uruguay: Responsable Cultivo de Arroz

● EEA Manfredi: Responsable Cultivo de Maní



Consulte en la web  
[www.cosechaypostcosecha.org](http://www.cosechaypostcosecha.org)

### INTA EEA Manfredi (03572) 493039 / 53 / 58

Ruta 9 Km. 636 (5988) Manfredi / Pcia. de Córdoba

[precop@correo.inta.gov.ar](mailto:precop@correo.inta.gov.ar)

Ing. Agr. M.Sc. Mario Bragachini ([bragach@correo.inta.gov.ar](mailto:bragach@correo.inta.gov.ar))

Ing. Agr. Ph.D. Cristiano Casini ([ccassini@correo.inta.gov.ar](mailto:ccassini@correo.inta.gov.ar))

Ing. Agr. José Peiretti ([jpeiretti@correo.inta.gov.ar](mailto:jpeiretti@correo.inta.gov.ar))

Ing. Agr. Diego M. Santa Juliana ([poscosecha@correo.inta.gov.ar](mailto:poscosecha@correo.inta.gov.ar))

Tec. Mauro Bianco Gaido ([biancogaido@correo.inta.gov.ar](mailto:biancogaido@correo.inta.gov.ar))

### INTA EEA Balcarce (02266) 439100

Ruta 226 Km. 73,5 C.C. 276 (7620) Balcarce Pcia. de Bs. Aires

Ing. Agr. Ph.D. Juan Rodríguez ([jrodriguez@balcarce.inta.gov.ar](mailto:jrodriguez@balcarce.inta.gov.ar))

Ing. Agr. Ph.D. Ricardo Bartosik ([rbartosik@balcarce.inta.gov.ar](mailto:rbartosik@balcarce.inta.gov.ar))

Ing. Agr. Leandro Cardoso ([lcardoso@balcarce.inta.gov.ar](mailto:lcardoso@balcarce.inta.gov.ar))

### INTA EEA Concepción del Uruguay (03442) 425561

Ruta Provincial 39 Km. 143,5 (3260) Concepción del Uruguay

Pcia. de Entre Ríos

Ing. Agr. M.Sc. Oscar Pozzolo ([opozzolo@correo.inta.gov.ar](mailto:opozzolo@correo.inta.gov.ar))

Ing. Agr. Hernán Ferrari ([agroherman@yahoo.com.ar](mailto:agroherman@yahoo.com.ar))

### INTA AER Justiniano Posse (EEA Marcos Juárez)

(03534) 471331- Av. Libertador 1100 (2553)

Justiniano Posse / Pcia. de Córdoba

Ing. Agr. Alejandro Saavedra ([intajpos@nodosud.com.ar](mailto:intajpos@nodosud.com.ar))

Ing. Agr. Lisandro Errasquin ([precopjpos@nodosud.com.ar](mailto:precopjpos@nodosud.com.ar))

### INTA AER Río Cuarto (0358) 4640329

Mitre 656 (5800) Río Cuarto / Pcia. de Córdoba

Ing. Agr. M.Sc. José Marcellino ([intariocuarto@arnet.com.ar](mailto:intariocuarto@arnet.com.ar))

### INTA EEA Pergamino (02477) 439069 int. 169

Ruta 32 Km. 4,5 (2700) Pergamino / Pcia. de Buenos Aires

Ing. Agr. Néstor González ([permaqui@pergamino.inta.gov.ar](mailto:permaqui@pergamino.inta.gov.ar))

Ing. Agr. Javier Elisei ([jelisei@pergamino.inta.gov.ar](mailto:jelisei@pergamino.inta.gov.ar))

### INTA EEA Rafaela (03492) 440121

Ruta 34 Km. 227 (2300) Rafaela / Pcia. de Santa Fe

Ing. Agr. Juan Giordano ([jgiordano@rafaela.inta.gov.ar](mailto:jgiordano@rafaela.inta.gov.ar))

Ing. Agr. Nicolás Sosa ([nsosa@rafaela.inta.gov.ar](mailto:nsosa@rafaela.inta.gov.ar))

### INTA EEA Sáenz Peña (03732) 421781/722

Ruta 95 Km. 1108 (3700) Sáenz Peña / Pcia. de Chaco

Ing. Agr. Vicente Rister ([vrister@saenzpe.inta.gov.ar](mailto:vrister@saenzpe.inta.gov.ar))

Ing. Agroind. Carlos Derka ([carlosderka@arnet.com.ar](mailto:carlosderka@arnet.com.ar))

### INTA EEA Famallá (03863) 461048

Ruta Prov. 301 Km. 32 - C.C. 9 - (4132) Famallá / Pcia. de Tucumán

Ing. Agr. Luis Vicini ([vicini-le@arnet.com.ar](mailto:vicini-le@arnet.com.ar))

Ing. Agr. Ricardo Rodríguez ([rrodriguez@correo.inta.gov.ar](mailto:rrodriguez@correo.inta.gov.ar))

### INTA EEA Oliveros (03476) 498010 / 011

Ruta Nacional 11 Km. 353 (2206) Oliveros / Pcia. de Santa Fe

Ing. Agr. Roque Craviotto ([rcraviotto@arnet.com.ar](mailto:rcraviotto@arnet.com.ar))

### INTA AER Totoras (03476) 460208

Av. Maipú 1138 C.C. 48 (2144) Totoras / Pcia. de Santa Fe

Ing. Agr. José Méndez ([atotoras@correo.inta.gov.ar](mailto:atotoras@correo.inta.gov.ar))

Ing. Agr. Rubén Roskopf ([rroskopf@correo.inta.gov.ar](mailto:rroskopf@correo.inta.gov.ar))

### INTA EEA Reconquista (03482) 420117

Ruta 11 Km. 773 (3567) Reconquista / Pcia. de Santa Fe

Ing. Agr. Orlando Pilatti ([intaudr@tmet.com.ar](mailto:intaudr@tmet.com.ar))

### INTA AER Las Toscas (03482) 492460

Calle 10 N° 825 (3586) Las Toscas / Pcia. de Santa Fe

Ing. Agr. Arturo Regonat ([aregonat@correo.inta.gov.ar](mailto:aregonat@correo.inta.gov.ar))

Ing. Agr. Aldo Wutrich ([inta.lastoscas@tmet.com.ar](mailto:inta.lastoscas@tmet.com.ar))

### INTA AER Crespo (0343) 4951170

Calle Nicolás Avellaneda s/n - Acceso Norte - Predio Ferial del Lago

(3116) Crespo / Pcia. de Entre Ríos

Ing. Agr. Ricardo De Carli ([intacrespo@arnet.com.ar](mailto:intacrespo@arnet.com.ar))

Ing. Agr. Enrique Behr ([e\\_behr@ciudad.com.ar](mailto:e_behr@ciudad.com.ar))

### INTA EEA Anguil (02954) 495057

Ruta Nac. N° 5 Km. 580 C.C. 11 (6326) Anguil / Pcia. de La Pampa

Ing. Agr. Jesús Pérez Fernández ([jperezf@anguil.inta.gov.ar](mailto:jperezf@anguil.inta.gov.ar))

Ing. Agr. Mauricio Farrel ([mfarrel@anguil.inta.gov.ar](mailto:mfarrel@anguil.inta.gov.ar))

### INTA EEA Las Breñas (03731) 460033 / 460260 Int. 207

Ruta Nac. N° 94 (3722) Las Breñas / Pcia. de Chaco

Ing. Agr. Héctor Rojo Guiñazú ([ingrojoquinazu@hotmail.com](mailto:ingrojoquinazu@hotmail.com))

### INTA EEA Salta (0387) 4902224 / 4902087

Ruta Nac. 68 Km. 172 (4403) Cerrillos / Pcia. de Salta

Ing. Agr. Mario De Simone ([mdesimone@correo.inta.gov.ar](mailto:mdesimone@correo.inta.gov.ar))

Ing. Agr. Adriana Godoy ([aigodoy@correo.inta.gov.ar](mailto:aigodoy@correo.inta.gov.ar))

### INTA EEA San Luis (02657) 422616/433250

Rutas Nac. 7 y 8 (5730) Villa Mercedes / Pcia. de San Luis

Ing. Agr. Benito Coen ([abcoen@sanluis.inta.gov.ar](mailto:abcoen@sanluis.inta.gov.ar))

Ing. Agr. Ricardo Rivarola ([rivarola@sanluis.inta.gov.ar](mailto:rivarola@sanluis.inta.gov.ar))

Ayúdenos a difundir y poner en práctica el concepto integral de “calidad” en la producción de granos.

**Buenos Aires. Balcarce:**

- Girasol
- Maíz
- Soja
- Trigo
- Tecnología específica

## Almacenaje de maíz, trigo, soja y girasol en bolsas plásticas herméticas

Bartosik<sup>1</sup>, Ricardo, Juan Carlos Rodríguez<sup>1</sup>, Hector Malinarich<sup>2</sup>  
y Leandro Cardoso<sup>1</sup>

<sup>1</sup>INTA EEA Balcarce. <sup>2</sup>Asesor Privado

### Resumen

Esta investigación se refiere al efecto del contenido de humedad de grano (H%) y tiempo de almacenaje sobre la calidad de maíz, trigo, soja y girasol almacenados en bolsas plásticas herméticas de 200 toneladas de capacidad.

Se tomaron muestras de grano durante todo el tiempo de almacenamiento y se realizaron pruebas de calidad. Además del contenido de humedad promedio y de su estratificación, los cambios de temperatura también fueron monitoreados para las diferentes capas de grano. El estudio, además, consideró la concentración de CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub> en la atmósfera intergranaria.

Los principales resultados indicaron que la temperatura de grano en la bolsa plástica sellada herméticamente siguió el patrón de la temperatura ambiente a lo largo del año.

El contenido promedio de humedad no cambió en forma significativa durante todo el experimento, tanto para bolsas plásticas con granos secos como para granos húmedos. En general, no se observó estratificación de humedad, pero en bolsas plásticas con girasol húmedo el estrato superior pasó de 16,4 a 20,8% de humedad luego de 150 días de almacenaje.

Cuando el grano fue almacenado a humedad de recibo, no hubo mermas significativas en los parámetros de calidad observados durante los 150 días de almacenamiento. Contrariamente, cuando el grano fue almacenado a humedad por encima de recibo se pudieron observar caídas en uno o varios parámetros de calidad.

El incremento de la concentración de CO<sub>2</sub> fue mayor al final del tiempo de almacenamiento y también fue mayor en las bolsas que tenían grano con mayor contenido de humedad. La medición de la composición de gas en el aire intersticial se podría utilizar como un indicador de la actividad biológica en la masa de grano almacenado en el sistema de almacenaje hermético, y como herramienta para determinar el nivel de riesgo de almacenamiento en bolsas plásticas.

**Palabras clave:** atmósfera modificada, grano, calidad.

## Introducción

En Argentina, fueron cosechadas 95 millones de toneladas de trigo, maíz, soja y girasol en 2006/07 (SAGPyA, 2007). Al mismo tiempo, el total de la capacidad de almacenaje permanente del país fue estimada entre 65 y 70 millones de toneladas, resultando el déficit de la capacidad de almacenaje cerca de 25 a 30 millones de toneladas (PRECOP, 2007). Debido a esta insuficiente capacidad de almacenamiento, una parte importante de la producción de grano de la Argentina debe ser directamente entregada a los acopiadores y de allí a los puertos. Otra consecuencia es una insuficiente flota de camiones para transportar toda la cosecha desde el campo hasta los acopiadores y los puertos, aún trabajando a 100% de su capacidad. Aparte de eso, los camiones son usados como almacenamiento temporal en los puertos en largas filas. Como resultado, los productores de grano tienen que pagar precios más altos por transporte y servicio de acopio (secado, limpieza, etc.) durante el tiempo de cosecha que durante el resto del año. Esta ineficiencia en el sistema de poscosecha de grano ha influido en las tareas de cosecha y distribución, con aumentos substanciales en los costos de producción.

Para superar estas circunstancias desfavorables, los productores de granos comenzaron a aumentar la capacidad de almacenaje en campo teniendo la oportunidad de comercializar el grano después de la temporada de cosecha, cuando no sólo el precio es usualmente más alto, sino que también los costos de servicio son menores. Sin embargo, construir una nueva instalación de almacenamiento o ampliar una ya existente por lo general no es accesible para la mayoría de los productores argentinos. Las principales limitaciones son la elevada inversión inicial, alta tasa de interés y préstamos a corto plazo. Bajo estas circunstancias, una nueva técnica de almacenamiento ha ganado popularidad entre los productores. Esta técnica ha estado en el mercado por varios años para almacenar grano húmedo para alimentar animales (silaje de grano) y posteriormente se fue adaptando para almacenar grano seco. La técnica consiste en almacenar el grano en bolsas de plástico herméticamente cerradas. Cada bolsa puede contener aproximadamente 200 toneladas de grano, y con la maquinaria desarrollada en los últimos años las tareas de llenado son altamente eficientes.

Las empresas locales también han desarrollado mecanismos para la descarga de la bolsa y transferir el grano directamente a camiones, tolvas, etc. La nueva generación de cosechadoras de alta capacidad de trabajo encuentra en el sistema de bolsas plásticas el socio ideal, ya que la capacidad de carga de la máquina de embolsado es básicamente limitada por la capacidad de transporte desde la cosechadora al lugar donde la bolsa es confeccionada. Otra ventaja de este sistema es que puede ser fácilmente incorporado en programas de identidad preservada de granos (PI). Las bolsas plásticas pueden ser confeccionadas fácilmente en el campo, reduciendo los riesgos de contaminación con otros granos. Muchos productores han encontrado en esta metodología de almacenamiento la herramienta ideal para separar las diferentes variedades de trigo u otras semillas directamente en el campo.

En el 2001, alrededor de 2 millones de toneladas de grano (maíz, trigo, soja y girasol) fueron almacenados con este sistema. Durante los últimos años, esta técnica de almacenaje se ha perfeccionado, y el sistema de "bolsas plásticas" ha ganado rápida adopción en muchos productores argentinos, a tal punto de que en el año 2007 alrededor de 22-25 millones de toneladas fueron almacenadas bajo esta metodología (cerca del 23 % del total de la producción), y en la campaña 2007-2008 más de 35 millones de toneladas de grano fueron embolsadas.

Las bolsas plásticas son impermeables al agua y tienen un importante grado de hermeticidad a los gases ( $O_2$  y  $CO_2$ ). Como resultado de la respiración de los componentes bióticos del granel (granos, insectos y hongos) se incrementa la concentración de  $CO_2$  y se reduce la concentración de  $O_2$ . Esta modificación en las condiciones del almacenamiento tiene importantes consecuencias sobre las semillas, los insectos y los hongos del almacenamiento.

Se denomina anoxia al efecto de la baja concentración de  $O_2$  sobre los insectos. Niveles de  $O_2$  por debajo de 3% son requeridos para un control efectivo de insectos (concentraciones menores a 1%, para una rápida muerte) (Banks y Annis, 1990 y Adler et al., 2000). Se denomina hipercarbia al efecto de la alta concentración de  $CO_2$ . El tiempo de exposición requerido para lograr un completo control de insectos es inversamente proporcional a la concentración de  $CO_2$ . La mínima concentración de  $CO_2$  requerida para lograr un control total de insectos parece ser de 35%, con un tiempo de exposición mayor a 14 días. Sin embargo, diferentes especies de insectos, así como las fases de desarrollo en la que se encuentran, tienen diferentes tolerancia a la hipercarbia (Navarro and Donahaye, 2005). En los tratamientos de atmósfera modificada, el incremento de la concentración de  $CO_2$  corresponde a una reducción en la concentración de  $O_2$ , por lo que se obtiene un efecto combinado. Por lo tanto se podría lograr un mayor control de insectos debido al efecto sinérgico (Calderón and Navarro, 1980). Otra ventaja del almacenamiento de granos en bolsas plásticas es que el material plástico del mismo, constituye una eficiente barrera física que impide la entrada de insectos desde el ambiente hacia el interior de la bolsa, por lo que si el grano no vino infestado de campo, permanecerá libre de insectos durante el almacenamiento.

La baja concentración de  $O_2$  (por debajo de 1%) parece no ser suficiente para detener el crecimiento de hongos, aunque se retrasó el deterioro del grano. Incrementos en la concentración de  $CO_2$  de 3 a 30% (incluso con concentraciones de  $O_2$  de 21%) resultó en una reducción del contenido fúngico. La alta concentración de  $CO_2$  y baja de  $O_2$  retardo el crecimiento de hongos. El periodo de latencia para el crecimiento de hongos de almacenamiento con baja concentración de  $O_2$  (menos del 1%) fue más largo que el periodo de latencia de los hongos a atmósfera normal. Cuando la concentración de  $CO_2$  aumentó a 15%, el periodo de latencia de los hongos a campo y en almacenaje se incremento para todos los niveles de actividad acuosa ( $a_w$ ). Sin embargo, los hongos de almacenamiento son mucho más tolerantes a la baja actividad acuosa (baja humedad relativa de equilibrio) que los hongos en condiciones de campo (Navarro and Donahaye, 2005). Wilson and Jay (1975) reportaron que durante el almacenaje con atmósfera modificada la aparición de hongos fue retrasada en el tiempo, comparada con el control. Similares resultados fueron reportados por Navarro y Donahaye (2005), quienes establecieron que los hongos aeróbicos son los predominantes en el almacenaje y que ellos encuentran condiciones favorables para proliferar y multiplicarse bajo condiciones atmosféricas normales. Sin embargo, concentraciones bajas de  $O_2$  y altas de  $CO_2$  reducen (incluso suprimen) la viabilidad de los hongos, expresada en tasa de crecimiento, baja esporulación, tasa respiratoria y por último su capacidad para atacar los tejidos del grano.

Las atmósferas modificadas también afectan la capacidad de los hongos de producir toxinas. Landers et al. (1986) observaron que la capacidad de *A. flavus* para producir aflatoxina en los granos, bajo condiciones óptimas de humedad y temperatura para el crecimiento del hongo, fue reducida sustancialmente con el aumento de la concentración de  $CO_2$  y la disminución de la concentración de  $O_2$ . La principal causa de la inhibición fue la alta concentración de  $CO_2$ , más que la baja concentración de  $O_2$ . Sin embargo, cuando las colonias fueron retornadas a atmósfera normal recuperaron su capacidad de producir micotoxinas.

Banks (1981) estudió el efecto de la alta concentración de  $CO_2$  sobre la viabilidad de las semillas, y se observó que semillas con un contenido de humedad (CH) por debajo del punto crítico no fueron afectadas significativamente por la alta concentración de  $CO_2$  o por la baja de  $O_2$ . Sin embargo, las semillas almacenadas con alto contenido de humedad mostraron una reducción en el poder germinativo debido al efecto del  $CO_2$  sobre la actividad enzimática de glutamina-decarboxilasa (Münzing and Bolling, 1985). Se observó que el efecto negativo del  $CO_2$  fue mayor cuando la temperatura estaba alrededor

de los 47°C, pero este efecto no se observa con temperaturas inferiores a 30°C (Banks and Annis, 1990). Las semillas almacenadas en las bolsas plásticas usualmente tienen temperaturas inferiores a 30°C, por lo tanto no debe esperarse una reducción notable en la viabilidad de las semillas debido a la alta concentración de CO<sub>2</sub>.

En Argentina, el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) viene realizando investigaciones sobre el almacenamiento de granos en bolsas plásticas herméticas desde el año 2000 (Bartosik et al., 2002). Los principales objetivos de estos experimentos, resumidos en el presente trabajo, fueron estudiar el efecto de la humedad, la temperatura y el tiempo de almacenaje sobre la calidad de maíz, trigo, soja y girasol.

### Materiales y métodos

Las pruebas se realizaron en establecimientos agropecuarios en el sudeste de la provincia de Buenos Aires, Argentina. Las bolsas fueron confeccionadas de material plástico con tres capas, negro en el interior y blanco en el exterior (Figura 1). Las dimensiones de las bolsas fueron de 60 m largo, 2,74 m diámetro (9 pies), y 235 micrones de espesor. Este material es prácticamente hermético a los gases e impermeable al agua. Cada bolsa contiene 200 toneladas de trigo, maíz y soja y 120 toneladas de girasol. Las bolsas se llenaron con grano en el mismo sitio (lote) luego de la cosecha.



**Figura 1.** Foto de bolsas plásticas herméticas de almacenamiento de 200 toneladas de capacidad (75 m largo y 2,76 m diámetro).

El grano almacenado en bolsas plásticas fue muestreado al inicio de la experiencia y posteriormente después de 45, 80, y 150 días de almacenamiento. Las muestras se tomaron con un calador común de camiones. La cobertura plástica fue perforada en tres lugares distintos a lo largo de la bolsa. En cada uno de estos lugares se tomaron muestras de grano de tres niveles diferentes (superior: 0,10 m de profundidad (desde la superficie), medio: 0,75 m de profundidad, e inferior: 1,6 m de profundidad. Altura total de la bolsa: 1,7 m). De cada sitio de muestreo se extrajeron varias muestras (réplicas). Posteriormente, el grano del estrato superior de ese sitio de muestreo se mezcló haciendo una muestra uniforme del nivel superior. El mismo procedimiento se le aplicó a las muestras del estrato medio e inferior del mismo punto de muestreo. Después del calado, los orificios fueron sellados con cinta plástica especial para mantener la hermeticidad de la bolsa. A cada sub-muestra se le realizaron distintos análisis de calidad con el objetivo de controlar cualquier cambio en la calidad del grano (peso hectolítrico, poder germinativo, composición, acidez de aceite de girasol y soja, y calidad panadera para trigo). Se

midió la humedad del grano en cada estrato, como así también la temperatura. La humedad se determinó en estufa a 103 °C durante 72 h (ASAE, 1983). La temperatura del grano en los diferentes estratos fue monitoreada con sensores y los datos almacenados de manera automática cada 10 minutos durante todo el ensayo. La concentración de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y oxígeno (O<sub>2</sub>) en los diferentes niveles fue monitoreada luego de 5 y 100 días de almacenamiento utilizando un analizador de gases instantáneo portátil (ABISSPRINT, Abiss, Viry Chatillon, Francia). También se investigó el efecto de la atmósfera modificada sobre la actividad de los insectos. En las bolsas plásticas que contenían granos de trigo, se colocaron 50 *Sitophilus oryzae* (L.) (Gorgojos del arroz) en tubos de plástico perforados para facilitar el flujo de gas entre la atmósfera intergranaria y el interior del tubo. Estos tubos se insertaron en la masa de grano a tres profundidades (superior, medio e inferior). Por cada profundidad se consideraron tres repeticiones.

El experimento en trigo comenzó el 2 de enero del 2001 (variedad ProINTA-Isla Verde). Una bolsa se llenó con trigo seco (12,5%) y la otra con trigo húmedo (16,4%). Después de que las bolsas se llenaron, se cerraron los extremos y el grano no se movió hasta el final de la experiencia, esto fue el 4 de junio de 2001 (150 días).

La experiencia en girasol comenzó el 8 de marzo del 2001 (híbrido Van der Haven 480). Una bolsa se llenó con girasol seco (8,4%) y otra con girasol húmedo (16,4%). El grano fue guardado en la bolsa durante 160 días (15 de Agosto).

El experimento con maíz comenzó el 6 de Julio del 2001 (híbrido Axel, Sursem). Una bolsa se llenó con maíz seco (14,8%) y otra con grano de maíz húmedo (19,5%). El grano se guardó en la bolsa durante 153 días (5 de Diciembre).

La experiencia con soja comenzó el 5 de Junio del 2001 (variedad Nidera 4100). Una bolsa se llenó con soja seca (12,5%) y otra con soja húmeda (15,6%). El grano se almacenó durante 160 días (21 Noviembre).

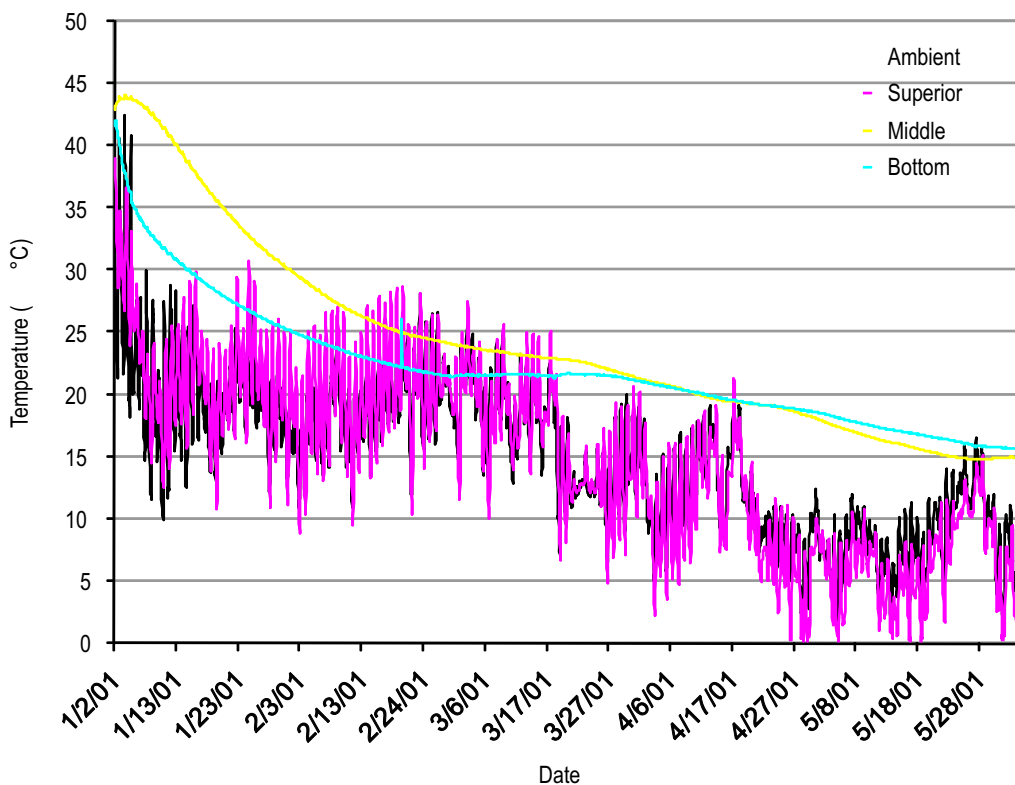
## Resultados y discusión

### Temperatura

Los principales resultados muestran que la temperatura del grano, dentro de la bolsa plástica herméticamente cerrada, siguió el patrón de la temperatura ambiente promedio. El trigo se cosechó y embolsó al comienzo del verano (enero). La temperatura del grano comenzó con un máximo y luego disminuyó gradualmente, a raíz de la caída de la temperatura ambiente durante el otoño, llegando al mínimo durante el invierno (junio) (Figura 2). Por otro lado, cuando el maíz fue cosechado y embolsado a fines de otoño o principios de invierno, la temperatura del grano comenzó con un mínimo y luego aumentó con el incremento de la temperatura del aire durante la primavera, alcanzando el máximo en el verano (Figura 3).

Las bolsas plásticas con trigo y girasol se confeccionaron durante el verano, con temperaturas de grano de 40°C y 30°C respectivamente. La bolsa fue capaz de disipar el calor del grano, al aire y al suelo, en un par de meses luego del embolsado. Esto podría explicarse porque la relación volumen/superficie, es sustancialmente inferior para una bolsa plástica (0,7 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> para 200 toneladas de almacenaje), que para un sistema de almacenamiento convencional (silo de chapa) de similar capacidad (1,27 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> para 7 m diámetro y 9 m de altura para 200 toneladas de capacidad). El trigo y girasol cosechados durante el verano, alcanzaron la temperatura de almacenamiento seguro para prevenir el desarrollo de insectos (por debajo de 17°C) a principio de mayo (Figura 2), mientras que para soja y maíz, cosechados durante el otoño e invierno, el grano se mantuvo a temperatura por debajo de los 17°C hasta los primeros días de Noviembre (Figura 3).



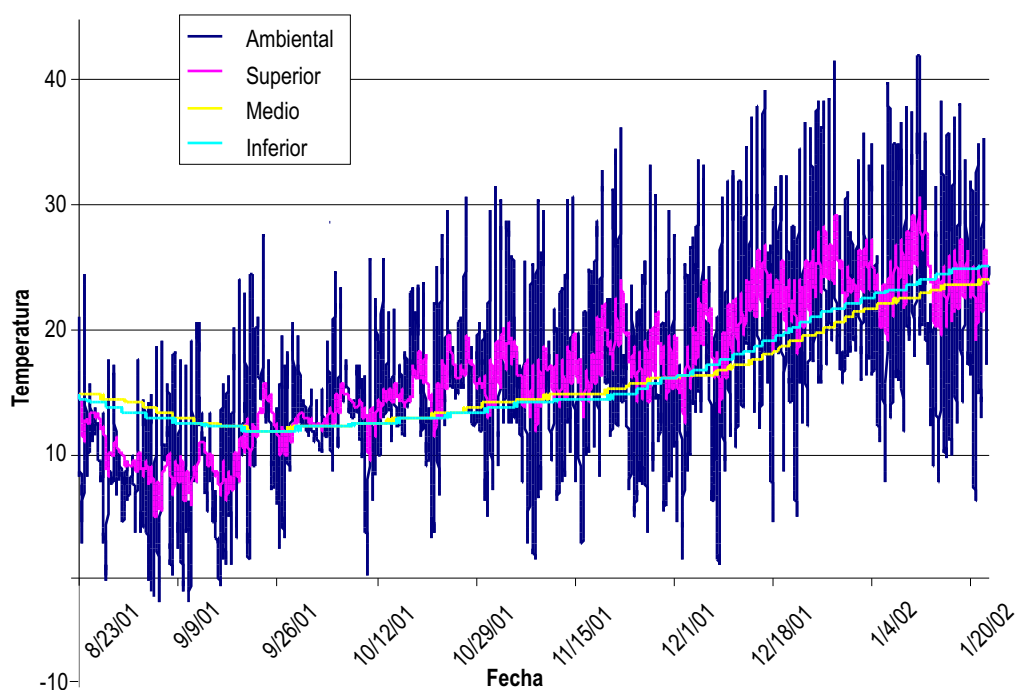


**Figura 2.** Patrón de temperatura a diferentes profundidades de grano (estrato superior, medio e inferior) durante el almacenamiento de trigo en bolsas plásticas herméticas desde enero hasta junio.

En la superficie del grano (parte externa de la bolsa), la temperatura mostró el patrón característico de la temperatura ambiente, alcanzando su máximo al medio día y su mínimo en las primeras horas de la mañana (Figuras 2 y 3). La oscilación de temperatura diaria disminuyó con la profundidad del grano y no se observó variación diaria después de los 0,7 m de profundidad. Cuando mayor es el cambio de temperatura en la superficie, mayores podrían ser los cambios de humedad en la primera capa de granos debido a la condensación (durante la noche), y mayores cambios también deberían esperarse en la humedad relativa intersticial cerca de la superficie del grano.

### Contenido de humedad

Las tablas 1 y 2 muestran la humedad del grano para tres estratos diferentes (superior: 0,1 m desde la superficie, medio: 0,75 m desde la superficie, e inferior: 1,5 m desde la superficie) al comienzo del experimento y luego de 150 días de almacenamiento. El promedio de humedad no se modificó significativamente durante el tiempo de almacenamiento, tanto para las bolsas con granos secos como para aquellas con grano húmedo. La mayor parte de las diferencias observadas pueden explicarse por la precisión del medidor de humedad y por el error experimental durante el muestreo. No se observó, en general, una sustancial estratificación de humedad durante el almacenamiento, con la excepción de una bolsa con girasol húmedo. Para este grano, la humedad en el estrato superior aumentó de 16,4% a 20,8% durante el experimento. El importante incremento de humedad en el estrato superior podría ser causado por repetidos ciclos de condensación y/o adsorción de agua en la capa superior de los granos, causada por la oscilación diaria de la temperatura. La humedad relativa de equilibrio para girasol a 16,4% de humedad y a 15°C fue superior a 90%. Con el descenso de la temperatura durante la



**Figura 3.** Patrón de temperatura a diferentes profundidades de grano (estrato superior, medio e inferior) durante el almacenamiento de maíz en bolsas plásticas herméticas desde agosto hasta enero.

noche, la humedad relativa podría aumentar fácilmente hasta el 100% y condensarse sobre la superficie del grano y sobre la cubierta plástica, aumentando, en el tiempo, el contenido de humedad del grano en el estrato superior. Esta condición de alta humedad del grano (y alta HR%) en el estrato superior creó las condiciones adecuadas para el desarrollo de levaduras y otros microorganismos anaeróbicos que normalmente no se observan cuando se almacena grano seco.

**Tabla 1.** Evolución del contenido de humedad del grano seco en bolsas plásticas para tres estratos diferentes (superior: 0,1 m desde la superficie, medio: 0,75 m desde la superficie, e inferior: 1,5 m desde la superficie) al comenzar el experimento y luego de 150 días de almacenamiento.

Estrato	Trigo		Maíz		Soja		Girasol	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Superior	12,5	13,5	14,8	14,2	12,5	12,9	8,4	8,3
Medio	12,5	13,4	14,8	14,5	12,5	12,6	8,4	8,6
Inferior	12,5	12,9	14,8	14,5	12,5	12,6	8,4	9,6

**Tabla 2:** Evolución del contenido de humedad del grano húmedo en bolsa plástica para tres estratos diferentes (superior: 0,1 m desde la superficie, medio: 0,75 m desde la superficie, e inferior: 1,5 m desde la superficie) al comenzar el experimento y luego de 150 días de almacenamiento.

Posición	Trigo		Maíz		Soja		Girasol	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Superior	16.4	15.7	19.5	18.8	15.6	15.7	16.4	20.8
Medio	16.4	16.0	19.5	18.8	15.6	15.6	16.4	17.6
Inferior	16.4	16.1	19.5	18.7	15.6	15.5	16.4	15.5

## Calidad de grano

En general para todos los granos, cuando se almacenó granos con humedad de recibo (o por debajo de la misma), no se observaron caídas significativas durante los 150 días de almacenamiento para la mayoría de los parámetros de calidad considerados. Sin embargo, algunos de estos parámetros, como poder germinativo, en algunos casos resultó ligeramente afectado. Contrariamente, cuando se almacenó granos por encima de la humedad de recibo, se observó un detrimento en algunos parámetros de la calidad (de importante a severo) después de 150 días de almacenamiento, el cual fue de incipiente a severo.

La Tabla 3 muestra el efecto del tiempo de almacenamiento del grano de trigo húmedo y seco en los parámetros de calidad. Cuando el trigo fue almacenado en bolsa a 12,5% de humedad no hubo reducción significativa en el peso hectolítrico de las muestras, mientras que el poder germinativo cayó de 93 a 87%. Estos 6 puntos porcentuales de reducción no impiden que el trigo pueda ser utilizado como semilla la próxima campaña (en Argentina los agricultores están autorizados a almacenar sus propias semillas para la próxima época de siembra, y esto constituye una práctica común). Los parámetros de calidad evaluados para trigo no se alteraron de manera significativa para trigo seco luego de 150 días de almacenamiento, lo que significó que esta tecnología sea adecuada para almacenar trigo para la industria molinera.

Cuando la humedad del trigo embolsado en enero fue de 16,4%, la temperatura ambiente promedio estuvo por debajo de los 40°C, pero la temperatura promedio del grano almacenado fue de cerca de los 42°C. La combinación de alta humedad y alta temperatura resultó en una sustancial caída en la mayoría de los parámetros de calidad evaluados. El ensayo mostró que en las muestras de granos el peso hectolítrico se redujo de 78,7 a 77,3 kg/hl, aunque este descenso no cambió la calidad comercial del trigo. El poder germinativo cayó de 95 a 40%, lo que impidió el uso de la semilla para la próxima época de siembra. Además, todos los parámetros de calidad panadera fueron afectados negativamente, haciendo que este trigo húmedo no sea apto para la industria molinera. Por otro lado, el almacenaje de trigo durante 5 meses con bajo contenido de humedad (menor a 14%) resultó en una condición de almacenamiento seguro.

**Tabla 3.** Parámetros de calidad de trigo al comienzo del experimento y luego de 150 días de almacenamiento en bolsas plásticas herméticas.

Tiempo de toma de muestra.	Peso hectolítrico (kg/hl)	Poder germinativo (%)	Calidad panadera					
			Gluten (%)	W	P/L	Abs.a	VP (cm3) b	VEc
Trigo seco (12.5%)								
Inicial	82.4	93.0	30.2	282	0.9	61	620	4.3
Final (150 días)	82.0	87.0	27.8	313	1.1	62	655	4.5
Trigo húmedo (16.4%)								
Inicial	78.7	95.0	29.8	288	1.0	61	675	4.7
Final (150 días)	77.3	40.0	22.6	283	2.6	61	578	4.0

La Tabla 4 muestra el efecto del tiempo de almacenamiento de granos secos y húmedos de maíz sobre los parámetros de calidad. Cuando el grano fue embolsado a 14,8% de humedad mostró un peso hectolítrico ligeramente mayor luego de 150 días de almacenamiento, mientras que el porcentaje de granos dañados aumentó 1,3 puntos porcentuales. Desde el inicio del ensayo las muestras de maíz seco presentaron granos dañados por encima del rango de tolerancia para Argentina (3%), por lo que el cambio de este factor no afectó la calidad comercial del maíz.

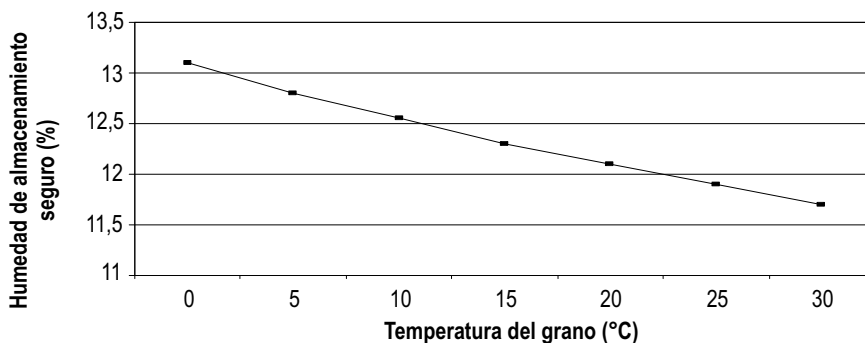
La muestras de maíz húmedo (19,5%) resultaron con una disminución en peso hectolítrico de 2 kg/hl, y un aumento sustancial de granos dañados en 4,4 puntos porcentuales.

El maíz fue cosechado durante el otoño, con baja temperatura ambiente. Típicamente en Argentina el maíz es almacenado a 20°C de temperatura o menos, con temperaturas ambientes promedio por debajo de 15°C. Como resultado de ello, el maíz húmedo (18% H<sup>o</sup>) fue almacenado sin una disminución sustancial en los parámetros de calidad hasta la primavera (Septiembre), debido a que el grano se mantuvo a baja temperatura (15°C o menos). Posteriormente, con el incremento de la temperatura durante la primavera aumenta la actividad biológica dentro de la bolsa plástica, resultando en un sustancial deterioro de los parámetros de calidad del maíz a fines de la primavera. El almacenamiento de maíz seco (por debajo de 15%) durante 5 meses resultó una practica segura, mientras que el almacenamiento de maíz húmedo pasando el invierno (mas de tres meses), por lo general se traduce en efectos negativos sobre parámetros de calidad del grano.

**Tabla 4:** Parámetro de calidad del maíz al inicio del experimento y después de 150 días de almacenamiento en bolsas plásticas herméticas.

Tiempo de toma de muestras(días)	Peso hectolítrico (kg/hl)	Granos dañados (%)
Maíz seco (14.8%)		
Inicial	73.0	3.2
Final (150 días)	74.0	4.5
Maíz húmedo (19.5%)		
Inicial	72.0	5.8
Final (150 días)	70.0	10.2

La Tabla 5 muestra el efecto de tiempo de almacenaje en soja seca y húmeda sobre los parámetros de calidad evaluados. La soja almacenada a 12,5% H<sup>o</sup> no tuvo modificación en el peso hectolítrico y en el porcentaje de aceite de las muestras. Por otro lado, el índice de acidez y el poder germinativo fueron, de alguna manera afectados. La caída en el poder germinativo (de 74 a 62%) indica que se deben tomar precauciones, cuando la soja va a ser utilizada como semilla para la próxima campaña de siembra. En Argentina, la base de humedad para la comercialización es de 13,5%. De acuerdo con la ecuación de contenido de humedad de equilibrio de Chung-Pfost Modificada, y los parámetros disponibles en el estándar de ASABE D245.5, para una humedad relativa de equilibrio de 67% (considerada de almacenamiento seguro) corresponde una humedad por debajo de 13,5% (Figura 4). Por lo tanto, si la soja fue almacenada en bolsas plásticas para ser usada como semilla en la próxima siembra, la humedad del grano debe ser menor a 12,5%.



**Figura 4:** Humedad de almacenamiento seguro (equivalente a humedad relativa de equilibrio de 67%) para soja a diferentes temperaturas de almacenamiento [ecuación Chung-Pfost modificada y parámetros estándar ASABE D245.5].

Las muestras de soja húmeda (15,6% H<sup>o</sup>) resultaron con una reducción en el peso hectolítrico de 2 kg/hl. La soja fue cosechada como el maíz, durante el otoño, con temperatura ambiente baja. Por lo tanto, la soja es usualmente embolsada a 20°C o menos, y almacenada durante el invierno con temperaturas ambientes en promedio de 15°C. Como resultado de ello, la soja húmeda (por encima del 13,5% H<sup>o</sup>) fue almacenada sin disminución importante en los parámetros de calidad evaluados hasta la primavera (Septiembre), debido a que el grano se mantiene a 15°C de temperatura o menos. Luego, con el incremento de la temperatura durante la primavera, se incrementa la actividad biológica dentro de la bolsa, resultando en un deterioro sustancial en los parámetros de calidad de soja durante fines de primavera. El almacenamiento de soja seca (por debajo de 13,5%) durante 5 meses resultó ser una práctica segura (a excepción del poder germinativo, para el cual se requiere almacenar la soja por debajo de 12,5% de humedad).

**Tabla 5.** Parámetros de calidad de soja a comienzo de la experiencia y después de 150 días de almacenamiento en bolsas plásticas herméticas.

Tiempo de toma de muestra (días)	Poder germinativo (%)	Peso hectolítrico (kg/hl)	Composición de aceite (%)	Índice de acidez de aceite (%)
Soja seca (12.5%)				
Inicial	74.0	71.0	20.8	1.6
Final (150 días)	62.0	71.0	20.5	1.9
Soja húmeda (15.6%)				
Inicial	74.0	68.5	21.5	1.7
Final (150 días)	55.0	68.9	21.0	2.3

La Tabla 6 muestra el efecto del tiempo de almacenamiento de girasol seco y húmedo sobre los parámetros de calidad. Cuando el girasol fue embolsado a 8,4% H<sup>o</sup> no se observó reducción en la composición de aceite, mientras que el índice de acidez de aceite se incrementó levemente de 0,9 a 1,4. Este incremento en el índice de acidez de aceite no superó la tolerancia impuesta por la norma de comercialización de girasol, ya que el límite en el índice de acidez de aceite en Argentina es de 1,5% hasta el 31 de Agosto y 2% luego de dicha fecha. Así, el almacenaje de girasol seco (por debajo de 11% H<sup>o</sup>) es una práctica segura, ya que los parámetros de calidad para la industria no fueron afectados después de 150 días de almacenamiento.

El girasol almacenado húmedo (16,4%) tuvo una reducción en la composición de aceite de 1,3 puntos porcentuales (de 47,0 a 45,7%) y un mayor incremento en el índice de acidez del aceite (de 0,9 a 3,9%), luego de 150 días de almacenamiento.

El girasol fue cosechado durante fines del verano (Febrero), con una temperatura ambiental superior a 20°C. Por lo tanto, el girasol es usualmente embolsado con una temperatura de 20-25°C o más, y almacenado durante fines de verano y principios de otoño con temperaturas relativamente altas. Luego, la temperatura del grano comienza a descender durante fines de otoño e invierno. Copiando la evolución de la temperatura ambiente. La combinación de temperatura de almacenaje relativamente alta y alta humedad de grano resultaron en una alta actividad biológica, que afectó negativamente los parámetros de calidad industrial del girasol durante el almacenaje. Por otro lado, el almacenamiento de girasol durante 5 meses con baja humedad (debajo de 11%) resultó ser una práctica segura.

**Tabla 6.** Parámetros de calidad de girasol al comienzo de la experiencia y luego de 150 días de almacenamiento en bolsas plásticas herméticas.

Toma de muestra (días)	Composición de aceite (%)	Índice de acidez de aceite (%)
Girasol seco (8.4%)		
Inicial	49.0	0.9
Final (150 días)	49.0	1.4
Girasol húmedo (16.4%)		
Inicial	47.0	0.9
Final (150 días)	45.7	3.9

### Composición de la atmósfera intergranaria

La respiración del grano asociada con los microorganismos produce un incremento en la concentración de CO<sub>2</sub> y una reducción en la concentración de O<sub>2</sub>. Las tablas 7 a 10 muestran los cambios en la composición de la atmósfera intersticial, del granel durante el tiempo de almacenamiento en trigo, maíz, girasol y soja, para grano seco y húmedo. El incremento de CO<sub>2</sub> y la reducción en la concentración de O<sub>2</sub> fueron mayores al final del tiempo de almacenamiento. También se observó que, para cualquier grano, el incremento en el CO<sub>2</sub> y la reducción de la concentración de O<sub>2</sub> fue mayor con grano húmedo que con grano seco, a excepción del maíz, ya que ambas bolsas presentaron similares valores de CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub> (Tabla 8). La mayor concentración de CO<sub>2</sub> se observó en bolsas con grano húmedo, como era de esperarse ya que los granos más húmedos son tendientes a producir mayor actividad biológica (crecimiento de microorganismos). Así, la mayor tasa respiratoria dio lugar a una mayor modificación sustancial de la atmósfera intersticial. En el caso del experimento con maíz las bolsas con grano seco y húmedo mostraron altos valores y similar concentración de CO<sub>2</sub> (alrededor de 18%). Se especuló que en la bolsa de maíz seco había una parte del grano en descomposición (probablemente por roturas en la parte de inferior del plástico ocasionado por los restos de cultivo sobre los que se apoyó la bolsa, permitiendo el ingreso de agua a la misma). La concentración de CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub> en la bolsa con girasol húmedo llegó a 70,3 y 4,9%, respectivamente (Tabla 10). Este cambio significativo en la composición gaseosa fue probablemente causado por la alta actividad biológica que a 16,4% H<sup>o</sup> el girasol puede soportar (la humedad de almacenamiento seguro para girasol está por debajo de 11%). Por lo tanto, la medición de gas en la composición del aire intersticial puede utilizarse como una indicación de la actividad biológica de la masa de granos en los sistemas de almacenamiento hermético, y una herramienta para el monitoreo del almacenamiento de grano.

**Tabla 7.** Cambios en la concentración de dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) y Oxígeno (O<sub>2</sub>) durante el tiempo de almacenamiento en la atmósfera intersticial en bolsas plásticas con trigo.

Condición del grano	5 días		100 días	
	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>
Trigo seco (12.5%)	4.4	14.7	13.0	10.4
Trigo húmedo (16.4%)	18.9	5.5	22.8	5.6

**Tabla 8.** Cambios en la concentración de dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) y Oxígeno (O<sub>2</sub>) durante el tiempo de almacenamiento en la atmósfera intersticial en bolsas plásticas con maíz.

Condición del grano	20 días		35 días		52 días		79 días		84 días	
	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>
Maíz seco (14.8%)	-	-	9.7	10.4	18.2	2.1	18.2	2.1	-	-
Maíz húmedo (19.5%)	6.2	12.8	-	-	-	-	-	-	18.5	2.6

**Tabla 9.** Cambios en la concentración de dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) y Oxígeno (O<sub>2</sub>) durante el tiempo de almacenamiento en la atmósfera intersticial en soja almacenada en bolsas plásticas.

Condición del grano	30 días		46 días		93 días		160 días	
	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>
Soja seca (12.5%)	3.5	15.5	3.8	14.2	4.5	11.3	7.5	10.0
Soja húmeda (15.6%)	5.7	7.7	6.8	5.2	9.2	4.8	16.2	3.0

**Tabla 10.** Cambios en la concentración de dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) y Oxígeno (O<sub>2</sub>) durante el tiempo de almacenamiento en la atmósfera intersticial en bolsas plásticas con girasol.

Condición de grano	34 días		125 días	
	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>
Girasol seco (8.4%)	16.5	5.1	18.9	4.5
Girasol húmedo (16.4%)	70.3	4.9	69.1	4.7

### Conclusiones

La temperatura del grano almacenado en las bolsas plásticas herméticas siguió el patrón de la temperatura ambiente promedio de la estación del año. No se observó aumento de la temperatura por la actividad biológica (incluso en el almacenamiento de grano húmedo). El grano almacenado en las bolsas plásticas se mantuvo durante la parte fría del año por debajo de 17°C (temperatura límite para el desarrollo de insectos).

La humedad promedio de la masa de grano no cambió durante el almacenamiento. Se observó estratificación de humedad en girasol húmedo, con incrementos de humedad en la superficie de 16,4 al inicio a 20,8% luego de 150 días de almacenamiento.

En general, cuando el grano fue almacenado a humedad de recibo o valores menores (14% para trigo, 14,5% para maíz, 13,5% para soja y 11% para girasol), no se observaron caídas significativas en los parámetros de calidad evaluados luego de 150 días de almacenamiento. Cuando se almacenó grano húmedo (por encima de humedad de recibo) se observó una disminución en uno o mas parámetros de calidad evaluados, y la disminución fue mayor en granos con mayor contenido de humedad. La combinación de alta temperatura de grano (parte calida del año) y alta humedad dio lugar a una mayor pérdida de calidad.

La concentración de CO<sub>2</sub> aumentó para todos los granos durante el tiempo de almacenamiento. El grano tuvo una mayor modificación de la atmósfera intersticial debido a una mayor actividad biológica. La concentración de CO<sub>2</sub> puede utilizarse como indicador de la actividad biológica en la masa de granos en sistemas de almacenaje hermético, y una herramienta para el monitoreo de almacenamiento de grano.

## Agradecimientos

Los autores desean agradecer al ing. Gabriel Alfonzo por la ayuda en el trabajo de campo de esta investigación, así como a las empresas fabricantes de las bolsas de plástico herméticas (Ipesa SA, Plastar SA y Agrinplex) por el apoyo financiero de nuestra investigación en atmósferas modificadas.

## Referencias

1. Adler, C., H.G. Corinth and C. Reichmuth. 2000. Modified atmospheres, pp. 106-146, in Bh. Subramanyam and D.W. Hagstrum (Eds.), *Alternative to Pesticides in Stored-product IPM*. Kluwer Academic Publisher, Boston, USA.
2. ASAE Standards. 2001. ASAE D241.5. Moisture relationships of plant-based agricultural products. St. Joseph, Michigan, USA.
3. Banks, H.J. 1981. Effects of controlled atmosphere storage on grain quality: a review. *Food Technol. Aut.* 33:335-340.
4. Banks, H.J. and P.C. Annis. 1990. Comparative advantages of high CO<sub>2</sub> and low O<sub>2</sub> types of controlled atmospheres for grain storage, pp. 93-122, in M. Calderon and R. Borkai-Golan (Eds.), *Food Preservation by Modified Atmospheres*, CRC Press, Boca Raton, Florida, USA.
5. Bartosik, R. E., J.C. Rodriguez, H.E. Malinarich, and D. E. Maier. 2002. "Silobag": evaluation of a new technique for temporary storage of wheat in the field. *Proceedings of the 8th International Working Conference on Stored Product Protection*, pages 1018-1023, York, England.
6. Calderon, M. and S. Navarro. 1980. Synergistic effect of CO<sub>2</sub> and O<sub>2</sub> mixture on stored grain insects, pp. 79-84, in J. Shejbal (Ed.), *Controlled Atmosphere Storage of Grains*. Elsevier, Amsterdam.
7. Landers, K.E., N.D. Davis and U.L. Diener. 1986. Influence of atmospheric gases on aflatoxin production by *Aspergillus flavus* in peanuts. *Phytopathology* 57: 1967.
8. Münzing, K. and H. Bolling. 1985. Qualitätsveränderungen von Weizen durch CA-Lagerung. *Veröffentlichungsnr. 5309 der Bundesforschungsanst. Für Getreide- und Kartoffelverarbeitung, Detmold*, 22 S.
9. Navarro S. and J. Donahaye. 2005. Innovative environmentally friendly technologies to maintain quality of durable agricultural produce, pp. 203-260, in Shimshon Ben Yeoshua (Ed.), *Environmentally Friendly Technologies for Agricultural Produce Quality*. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA.
10. PRECOP, 2007. In Spanish "Post-harvest efficiency: generation, development and extension of suitable technologies to increase the efficiency of conditioning, drying and storing of cereal grains, oilseeds and industrial crops". National project of the National Institute of Agricultural Technologies. INTAPEAEI5742.
11. SAGPyA, 2007. In Spanish "Monthly agricultural statistics – Official estimations at October 17 of 2007". Report of the Secretary of Agriculture. Available at: [www.sagpya.gov.ar](http://www.sagpya.gov.ar). Accessed on October 2007.
12. Wilson, D. M. and E. Jay. 1975. Influence of modified atmosphere storage on aflatoxin production in high moisture corn. *Appl. Microbiol.* 19: 271.



# Detección temprana de procesos de descomposición de granos almacenados en bolsas de plástico herméticas mediante la medición de CO<sub>2</sub>

Autores: Ricardo Bartosik<sup>1</sup>, Leandro Cardoso<sup>1</sup>, Darío Ochandio<sup>2</sup> y Diego Croce<sup>2</sup>.

<sup>(1)</sup> Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).

<sup>(2)</sup> Alumno Facultad de Ciencias Agrarias Balcarce

## Introducción

En Argentina durante el año 2007 fueron almacenadas en los sistemas herméticos (bolsas) alrededor de 35 millones de toneladas de granos, incluyendo soja, maíz, maíz pisingallo, trigo, girasol, cebada cervecera, arroz, sorgo y algodón. El uso final que se les da a estos productos varía entre la alimentación del ganado, semillas, molienda húmeda y seca (maíz), consumo humano, cervecería, extracción de aceite y molienda harinera (trigo) entre otras.

Cada bolsa plástica puede almacenar aproximadamente 200 toneladas de trigo (180 toneladas de soja) y con el equipo disponible actualmente la carga y descarga de una bolsa es un proceso rápido, simple y totalmente mecanizado. Las bolsas plásticas son de 60 m de largo, 2,74 m de diámetro y la cubierta, de 235 micrones de espesor, está compuesta por tres capas plásticas (con el interior negro y exterior blanco).

La medición de la temperatura del grano es la principal herramienta usada para supervisar la condición del grano en sistemas de almacenaje tradicional (silos y celdas) por los establecimientos rurales, acopios comerciales y la industria, puesto que un incremento en temperatura en un sector del granel está altamente correlacionado con el aumento en la actividad biológica en dicha area. Desafortunadamente, esta tecnología no es útil para monitorear condiciones de almacenaje en bolsas plásticas. Se demostró que la temperatura del grano almacenado en las bolsas sigue el patrón de la temperatura media ambiental, variando con las estaciones. Esto se debe a que la bolsa tiene una mayor capacidad de intercambiar calor con el aire ambiente y con el suelo. La relación superficie/volumen de una bolsa de 180 toneladas es aproximadamente 1,42 mientras que para un silo estándar de metal de la misma capacidad (9 m de altura y 7 m de diámetro) el cociente es 44% menor (0,79) (Bartosik et al. <sup>(1)</sup>). De esta manera la relación de la temperatura del grano con la actividad biológica se puede enmascarar por el efecto de la temperatura ambiente. A su vez, el ecosistema generado en un ambiente hermético tiene una tasa de respiración disminuida respecto de un ecosistema de un silo o celda convencional, por lo que la tasa de liberación de calor del grano en descomposición es menor.

El monitoreo del grano almacenado en bolsas mediante el calado tradicional es un proceso bastante fácil de implementar. Sin embargo, cada perforación hecha en la cubierta plástica disturba la hermeticidad del sistema, lo cual limita el número de muestras que se pueden recoger de cada bolsa y la frecuencia de muestreo. Además, este monitoreo es útil para obtener una idea de la calidad total del grano almacenado en la bolsa (porcentaje de humedad, contenido proteico, falling number, etc), pero no es conveniente para detectar problemas tempranos de almacenaje (la mayor parte del proceso de descomposición del grano ocurre en lugares muy localizados de la masa del grano, típicamente en el fondo de la bolsa, donde la punta del calador tradicional no llega a recoger la muestra). Otra desventaja de esta metodología es la cantidad de mano de obra y tiempo implicado.

Las bolsas son impermeables y tienen un alto grado de hermeticidad a los gases (Oxígeno (O<sub>2</sub>) y dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>)). Consecuentemente, la respiración de los componentes bióticos del granel (gra-

nos, insectos y hongos) eleva la concentración de  $\text{CO}_2$  y reduce la de  $\text{O}_2$ . Así, el nivel de modificación de los componentes gaseosos del aire intersticial se puede relacionar con la actividad biológica dentro de la bolsa, y utilizar dicha medición como herramienta de monitoreo para detectar problemas tempranos de granos dañados.

Cardoso et. al. <sup>(2)</sup> y Rodríguez et. al. <sup>(3)</sup> estudiaron los principales factores que afectaban la concentración de  $\text{CO}_2$  en trigo y soja almacenados en bolsas plásticas, estableciendo además los valores típicos de concentración para bolsas sin problemas de almacenamiento. En este estudio se implementan dos metodologías de detección de problemas de almacenamiento de granos en bolsas plásticas basado en: 1) la medición frecuente en el tiempo de la concentración de  $\text{CO}_2$  (evolución en el tiempo) y 2) mediante la comparación de la medición de la concentración de  $\text{CO}_2$  de una bolsa particular con la concentración típica de  $\text{CO}_2$  de trigo y soja almacenados en bolsas sin problemas de almacenaje.

### Materiales y métodos

Los ensayos se realizaron en diferentes plantas de acopio y establecimientos agropecuarios en el sudeste de la provincia de Buenos Aires, Argentina. Las bolsas fueron llenadas con grano posteriormente a la cosecha. Generalmente las bolsas se instalaron en el mismo lote, o en plantas de acopio durante el periodo de cosecha. El experimento comenzó en enero para trigo y en abril-mayo para soja, y se extendió hasta que las bolsas fueran abiertas para extraer el grano (aproximadamente 5 meses después).

Para cada bolsa se establecieron tres lugares de muestreo. El procedimiento consistió en medir la concentración de  $\text{CO}_2$  mediante un analizador portátil de gases (PBI Dan Sensor, CheckPoint, Dinamarca (Figura 1), perforando la cubierta plástica con una aguja hipodérmica. La composición del gas fue analizada para tres niveles por cada sitio de muestreo de la bolsa (superior, medio e inferior). En cada punto de muestreo el grano fue recolectado realizando un calado tradicional, a partir de tres diversos niveles (superior: 0,10 m de profundidad, medio: 0,75 m de profundidad, inferior: 1,6 m de profundidad. Altura total de la bolsa: 1,7 m). Una muestra de grano fue extraída de cada sitio y posteriormente remitida al laboratorio para la medición de humedad (GAC 2100, Dickey-John). Después del calado de la bolsa las aberturas fueron selladas con una cinta adhesiva especial para restituir la hermeticidad.



**Figura 1.** Muestreo del nivel de  $\text{O}_2$  y  $\text{CO}_2$  con un medidor portátil de gases.

Se repitió el monitoreo aproximadamente cada 15 días durante todo el período de almacenaje. Cuando finalmente las bolsas fueron vaciadas, el grano y la integridad física de la cubierta plástica fueron examinados para detectar si el grano se encontraba afectado. Se clasificó entonces a las bolsas plásti-

cas como “sin evidencia de problemas del almacenaje” o “con evidencia de problemas del almacenaje” (Figura 2).

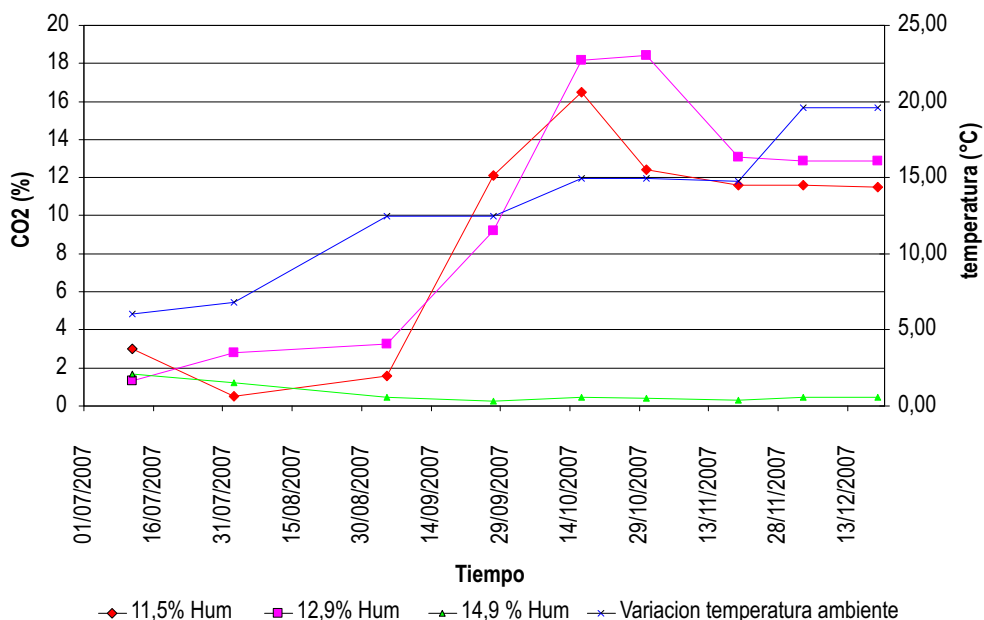


**Figura 2.** Grano afectado detectado durante el vaciado de la bolsa.

### **Resultados y discusión**

La Figura 3 muestra el cambio en la concentración de  $\text{CO}_2$  en tres bolsas de soja almacenadas con diferentes humedades: 11,5% (menor a humedad de recibo), 12,9% (humedad cercana a recibo), y 14,9% (superior a humedad de recibo) (la humedad base para la comercialización de soja en Argentina es 13,5%). Durante invierno (julio-agosto) la concentración de  $\text{CO}_2$  se encontró por debajo del 3% para todas las humedades analizadas. Comenzando la primavera (septiembre) la concentración de  $\text{CO}_2$  comenzó a aumentar llegando a 9 y 10%, para las bolsas con 12,9% y 11,5% de humedad, respectivamente. Durante octubre, la concentración de  $\text{CO}_2$  incrementó hasta 16% y 18% para las mismas bolsas. Posteriormente, la concentración de  $\text{CO}_2$  disminuyó hasta 10 y 13% y se estabilizó hasta el último reporte (diciembre). La bolsa con soja húmeda (14,9%) tuvo una concentración de  $\text{CO}_2$  por debajo del 2% durante todo el período de almacenaje. Cuando las bolsas que presentaron alta concentración de  $\text{CO}_2$  fueron vaciadas, una cantidad significativa de grano con afecciones severas fue detectada. Se observó que al menos una capa de grano de 0,1 m de espesor se encontraba afectada producto de perforaciones en la cubierta plástica en la base de la bolsa. Las roturas en la bolsa permitieron la entrada de agua y  $\text{O}_2$ , creando condiciones favorables para el desarrollo de hongos cuando la temperatura del grano incrementó en la primavera temprana. Por otra parte, la bolsa con soja húmeda no presentó ninguna perforación significativa en la cubierta plástica, por lo que las condiciones de almacenaje seguras perduraron durante el período de almacenaje, incluso durante el final de la primavera. Consecuentemente, el grano no demostró evidencia de deterioro cuando se examinó durante la extracción final, coincidiendo con la baja concentración de  $\text{CO}_2$  registrada.

Estos resultados demostraron que el monitoreo de la concentración de  $\text{CO}_2$  se puede usar como herramienta para la detección temprana de problemas de granos dañados en bolsas.



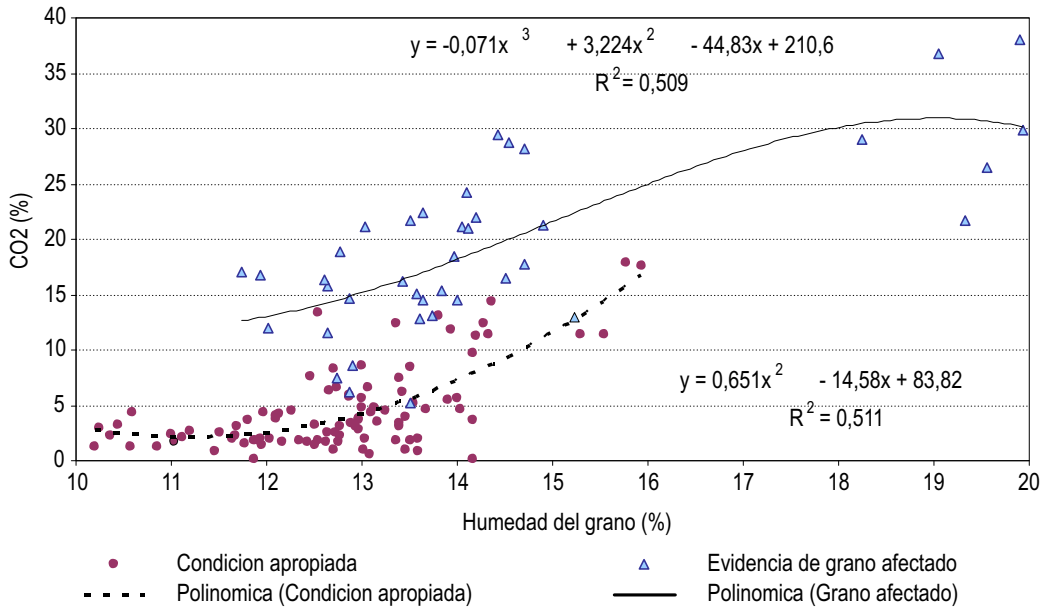
**Figura 3.** Concentración de CO<sub>2</sub> de tres bolsas de soja con 11,5%, 12,9% y 14,9% de humedad durante el tiempo de almacenamiento y variación de la temperatura media diaria del ambiente.

Aunque el monitoreo periódico de la concentración CO<sub>2</sub> permite detectar un aumento de la actividad biológica en bolsas durante el almacenaje (Figura 3), a veces sólo es posible realizar una medición de la concentración CO<sub>2</sub> de la bolsa. En este caso, no existe la posibilidad de comparar los resultados con valores anteriores para determinar si la actividad biológica se incrementó y la condición de almacenaje del grano se tornó insegura. Para estas situaciones otro tipo de aproximación es necesaria para relacionar la concentración CO<sub>2</sub> con la condición de almacenaje del grano.

La Figura 4 muestra que la concentración media de CO<sub>2</sub> para bolsas de trigo en condiciones de almacenaje apropiadas fue significativamente más baja que la concentración media para las bolsas con evidencia de grano afectado. Con humedades inferiores a 13%, la diferencia entre las dos líneas fue cerca de 10 puntos porcentuales de CO<sub>2</sub>, mientras que para 16% de humedad la diferencia se redujo a 7,5 puntos porcentuales. Se pudo observar que en las bolsas de trigo que están por debajo de 16% de humedad, el grano afectado fue localizado en las capas inferiores del grano. En estas bolsas se observaron varias perforaciones en la cubierta plástica, lo cual permitió la entrada de humedad (por las precipitaciones) y de O<sub>2</sub>. Las perforaciones fueron causadas por los animales (peludos y otros), o a causa de que la bolsa fue armada sobre los residuos de la cosecha anterior (los vástagos perforan la bolsa si no se toman los cuidados apropiados durante la operación de armado y llenado de la bolsa). Otra causa de deterioro del grano estuvo relacionada a deficiencias en el cierre del extremo de la bolsa, lo cual permitió la entrada de humedad y O<sub>2</sub> al sistema. Finalmente, algunas bolsas se armaron sobre terrenos bajos resultaron inundados temporalmente después de una precipitación intensa. En esta última situación una bolsa sana y bien cerrada es normalmente afectada.

Por otra parte, cuando el trigo se almacenó por encima de 18% de humedad el grano resultó afectado, aun cuando no se observó ninguna rotura o falla en la confección de la bolsa. El grano de trigo excesivamente húmedo dio lugar a alta actividad de hongos, causando un proceso de descomposición del grano generalizado. Cierta acumulación de humedad fue observada en la parte interior de estas bolsas, incluso en bolsas sin perforaciones visibles. Se especula que ocurrió un proceso de condensa-

ción de humedad debido a la diferencia de temperatura entre el día y la noche. La recurrencia de este proceso podría dar lugar a una significativa acumulación de agua en el interior de la cubierta plástica, y causar que una importante cantidad de grano resulte afectado.

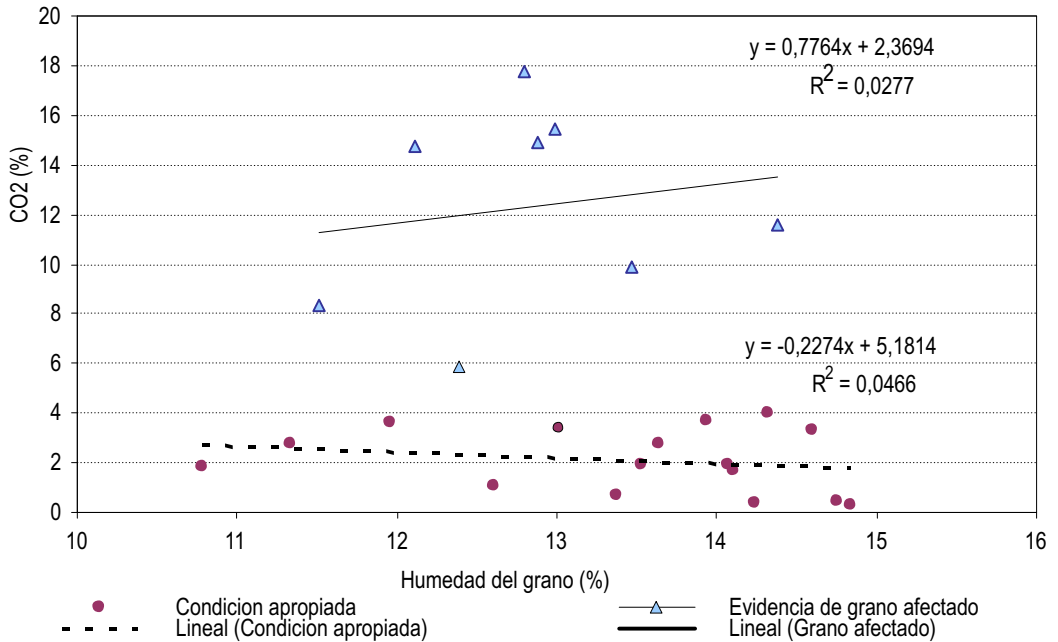


**Figura 4.** Concentración de CO<sub>2</sub> en bolsas de trigo a diferentes contenidos de humedad y con la condición de almacenaje clasificada como, “apropiada” y con evidencia del grano “afectado”.

La Figura 5 muestra que la media de la concentración CO<sub>2</sub> para las bolsas de soja con condiciones de almacenaje apropiadas fue significativamente más baja que la concentración media para las bolsas con evidencia de grano afectado. Las bolsas de soja bajo condiciones de almacenaje apropiadas presentaron siempre valores de CO<sub>2</sub> por debajo del 4%, y no mostraron una tendencia de aumentar el CO<sub>2</sub> con el incremento de la humedad. Por otra parte, las bolsas con evidencia de soja dañada dieron lugar a concentraciones CO<sub>2</sub> entre 6% y 18%, con un promedio entre 11,5 y el 14%. En contraste con los datos del trigo, en soja no se observó una correlación clara entre el aumento de la concentración de CO<sub>2</sub> y el incremento de la humedad (tanto en bolsas con el grano en condiciones de almacenaje apropiadas como en bolsas donde se evidenció grano afectado). Las razones que causaron la descomposición del grano fueron similares a las descritas para las bolsas de trigo (perforaciones en la cubierta plástica, el cierre incorrecto, o anegamientos temporales por causa de precipitaciones, etc).

De acuerdo a estos resultados, los autores proponen utilizar el monitoreo de la concentración de CO<sub>2</sub> para detectar problemas en bolsas en trigo y soja. En el caso de las bolsas de trigo, el operador debería medir la concentración de CO<sub>2</sub> y tomar también una muestra física de grano para determinar la humedad. La concentración de CO<sub>2</sub> típica para la condición de almacenaje segura del trigo (para una determinada humedad) se obtiene de la Figura 4, y después se la compara con la concentración CO<sub>2</sub> medida. Si la concentración CO<sub>2</sub> medida está por debajo de la concentración típica de CO<sub>2</sub>, la condición de almacenaje se puede clasificar como “segura”. Por otro lado, si la concentración de CO<sub>2</sub> medida está por encima de la concentración de CO<sub>2</sub> segura se clasifica la condición de almacenaje como “riesgosa” y el operador debe supervisar esta bolsa con mayor detalle. Finalmente, si la concentración de CO<sub>2</sub> medida es cercana o por encima de la concentración típica de CO<sub>2</sub> de una bolsa afectada, entonces la condición de almacenaje se clasifica como “insegura” e inmediatamente se debe tomar la decisión de extraer el grano de la bolsa.

En el caso de las bolsas de soja la humedad de almacenaje del grano no es crítica para las condiciones del ensayo. Para condiciones de humedad del grano en un rango entre 11 y 15% y concentración CO<sub>2</sub> por encima de 4%, la condición de almacenaje de la bolsa plástica se debe clasificar como “riesgosa”. En caso contrario la condición de almacenaje de la bolsa se debe clasificar como “segura” (concentración de CO<sub>2</sub> por debajo del 4%). Cuando la concentración de CO<sub>2</sub> está cercana o por encima de 11,5-14%, la condición de almacenaje de la bolsa se debe clasificar como “insegura”.



**Figura 5.** Concentración de CO<sub>2</sub> en bolsas de soja a diferentes contenidos de humedad y con la condición de almacenaje clasificada como, “apropiada” y con evidencia del grano “afectado”.

### Conclusiones

El monitoreo periódico de la concentración de CO<sub>2</sub> se puede utilizar como herramienta para detectar un aumento en la actividad biológica en bolsas y relacionarlo con procesos de descomposición del grano.

La concentración típica de CO<sub>2</sub> para bolsas de trigo y soja con evidencia de grano afectado y con condiciones de almacenaje seguras fue determinada.

Se mide la concentración de CO<sub>2</sub> en el la bolsa y se la compara con la concentración CO<sub>2</sub> típica para las bolsas con condiciones de almacenaje seguras e inseguras. Por comparación, la condición de almacenaje de la bolsa se clasifica como segura, riesgosa o insegura.

La concentración de CO<sub>2</sub> en bolsas plásticas de trigo en condiciones de almacenaje seguras aumenta con la humedad del grano (debajo de 5% de CO<sub>2</sub> para 13% de humedad o menos, y hasta el 17% CO<sub>2</sub> para 16% de humedad).

La humedad del grano de soja no afecta substancialmente la concentración CO<sub>2</sub> de bolsas con condiciones de almacenaje seguras (en un rango de humedades del 11 a 15%). Así, cualquier medida de concentración de CO<sub>2</sub> por debajo del 4% significa condiciones de almacenaje “segura”, entre 4 y el 12% significa condiciones de almacenaje “riesgosa”, y por encima de 14% significa condición de almacenaje “insegura”.

## Referencias

- Bartosik R, Rodríguez J y Cardoso L. Storage of corn, wheat soybean and sunflower in hermetic plastic bags. **Proceedings of the International Grain Quality and Technology Congress. Chicago, 2008.**
- Cardoso M, Bartosik R, Rodriguez J y Ochandio D. Factors affecting carbon dioxide concentration of soybean stored in hermetic plastic bags (silo-bag). Proceedings of the 8th International Conference on Controlled Atmosphere and Fumigation in Stored Products. Chengdu, 2008.
- Rodríguez J, Bartosik R, Cardoso M y Croce D. Factors affecting carbon dioxide concentration of wheat stored in hermetic plastic bags (silo-bag). Proceedings of the 8th International Conference on Controlled Atmosphere and Fumigation in Stored Products. Chengdu, 2008.





## Estudio de la evolución de la humedad de los granos individuales en bolsas plásticas de maíz y soja

Ing. Agr. M. L. Cardoso, Ing. Agr. R. E. Bartosik, Ing. Agr. J. C. Rodríguez  
INTA, EEA Balcarce.

### 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 práctico, logístico y económico) en la utilización de la bolsa plástica, 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 bolsas plásticas (fabricantes de bolsas plásticas, 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 % O<sub>2</sub> y 0,3 % de CO<sub>2</sub>), 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 CO<sub>2</sub> (ejemplo 5-6 %) y una disminución en la concentración de O<sub>2</sub> (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 la bolsa plástica.

Experiencias realizadas con bolsas plásticas 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 húmedo 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 CO<sub>2</sub> alcanzada dentro de la bolsa es lo suficiente-

mente 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 la 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 de la bolsa acompaña la variación de la temperatura ambiente. En ensayos realizados midiendo la evolución de la temperatura en tres estratos de la bolsa (superior, medio e inferior) se concluyó que las variaciones el estrato superior de la bolsa responden a las oscilaciones diarias de la temperatura ambiente mientras que el estrato medio e inferior de la misma no presenta oscilaciones de ese tipo.
- La variación de la temperatura en la capa superior de granos produce la migración de humedad desde el interior de la bolsa hacia la superficie. En algunos casos se observó condensación de humedad en la pared interior de la bolsa. Esta última situación se acentúa en áreas donde existe una mayor amplitud térmica, manifestándose en mayor proporción en primavera y cuando existen zonas de la 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 en bolsas plásticas (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 córneo 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).

Existe 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 al 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 humedad del 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 higrómetro, el cual sólo indica el valor promedio de la humedad en 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 sólo 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 granos con destino a industria.

### **Hipótesis principal:**

1. En el sistema de bolsas plásticas 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, hay una estratificación de humedad del grano, consecuencia 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 de la 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 una 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 de la 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 de la 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 con la medición, de humedad de granos individuales, determinación de la fracción quebrado/partido, humedad promedio y peso de mil semillas.

### **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 (precisión de 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:

$$\text{Humedad grano "x": } \frac{\text{Peso grano "x" hdo. (grs.)} - \text{Peso grano "x" seco (grs.)}}{\text{Peso grano "x" hdo. (grs.)}}$$

### 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 de la 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 colocaban 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 higrómetro 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 %)

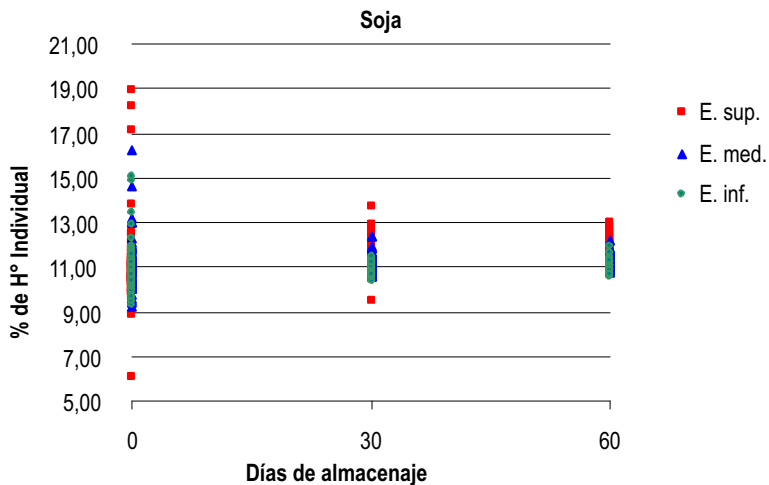
### Peso de mil semillas

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 semillas. 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 de la 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 un incremento significativo de la humedad promedio de los granos del estrato superior con respecto a los estratos medio e inferior (diferencias mínimas significativas al 0,01), en los cuales no existen diferencias de humedad al transcurrir el tiempo.



**Figura 1.** Dispersión de humedades individuales para tres estratos (E) de una bolsa de soja: superior (sup), medio (med.) e inferior (inf.), en tres momentos del almacenaje: 0 (inmediatamente después del embolsado), 30 y 60 días.

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).

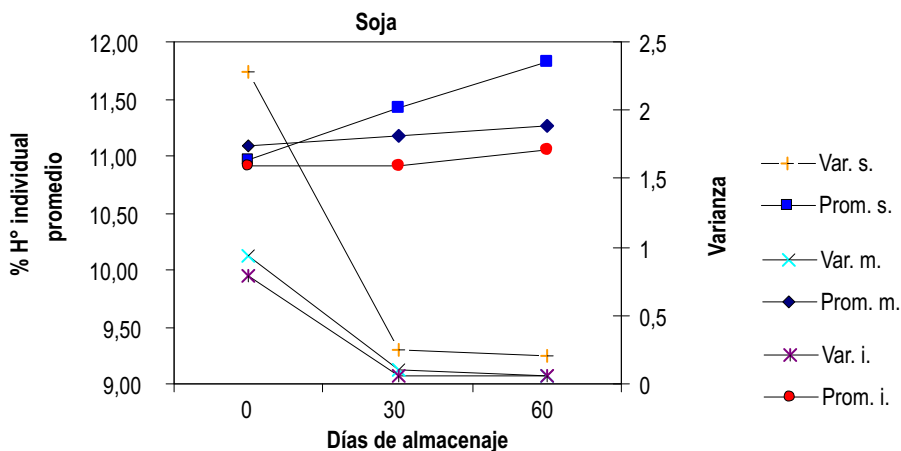


Figura 2. varianza y humedades promedio para tres estratos de una bolsa de soja: superior (s), medio (m.) e inferior (i), en tres momentos del almacenaje: 0 (inmediatamente después del embolsado), 30 y 60 días.

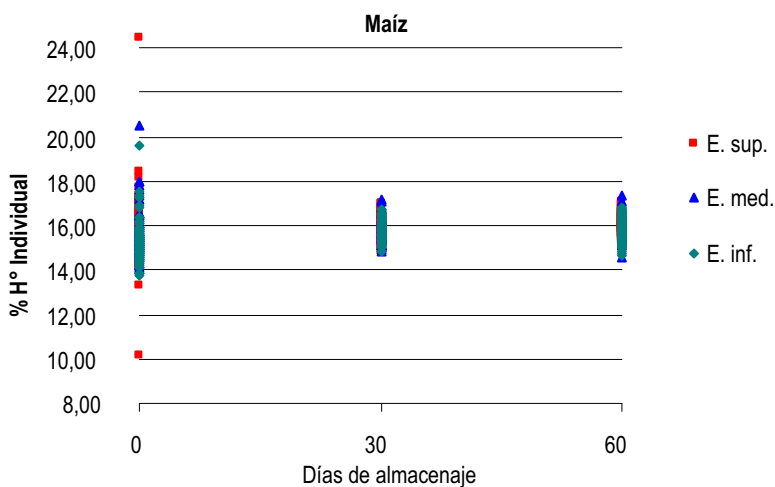


Figura 3. dispersión de humedades individuales para tres estratos (E) de una bolsa que contiene maíz: superior (sup.), medio (med.) e inferior (inf.), en tres momentos del almacenaje: 0 (inmediatamente después del embolsado), 30 y 60 días.

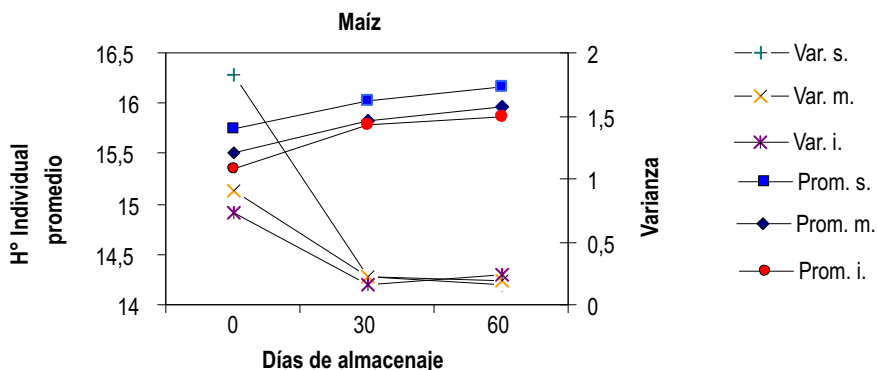
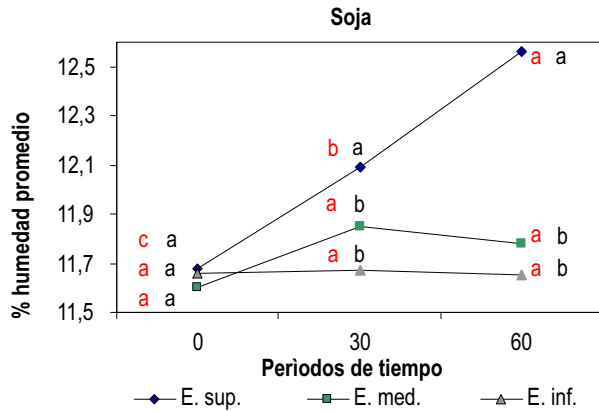


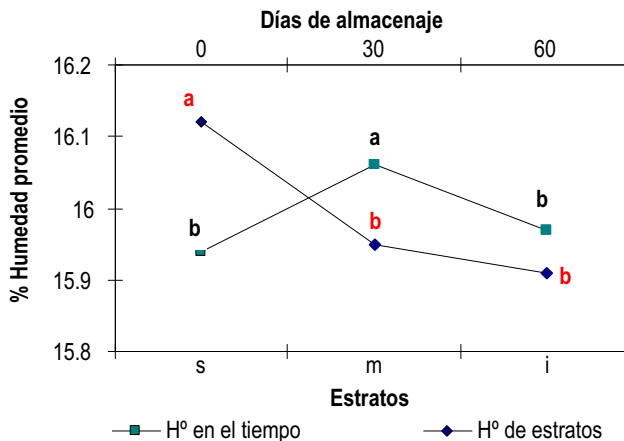
Figura 4. varianza y humedades promedio (Prom.) para tres estratos de una bolsa que contiene maíz: superior (s.), medio (m) e inferior (i), en tres momentos del almacenaje: 0 (inmediatamente después del embolsado), 30 y 60 días.

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 las dos muestras 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 en girasol, dependiendo de la posición de una bolsa.



**Figura 5.** humedades promedio para tres estratos una 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 periodos y con letras rojas diferencias entre estratos para cada periodo específico (diferencias mínimas significativa: 0,01).

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 una 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).

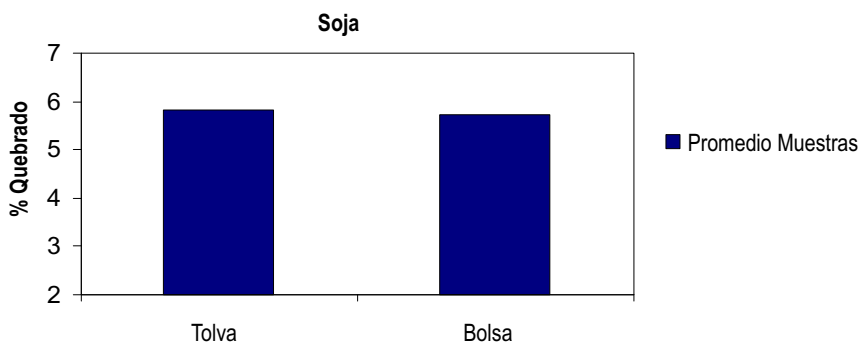
El análisis también arrojó diferencias significativas entre, la humedad promedio del estrato superior y los estratos restantes, las cuales no difieren entre sí (Figura 6). No se encontró interacción entre los estratos y períodos de tiempo. Esto indica que la evolución humedad en el tiempo es similar 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 detectaron 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 originan la condensación de la humedad sobre el grano y la pared interna de la bolsa. Este efecto se acentúa en aquellas áreas donde hay una mayor amplitud térmica (La Nación, 2004), cuando 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 sólo a la humedad individual de los granos, que están en contacto con la pared de la 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 homogeneización de la humedad individual, que se produce dentro de la 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 de la bolsa plástica, inmediatamente después del embolsado y al mes del mismo. No se observa un aumento visible por efecto del sinfin de la tolva de descarga.

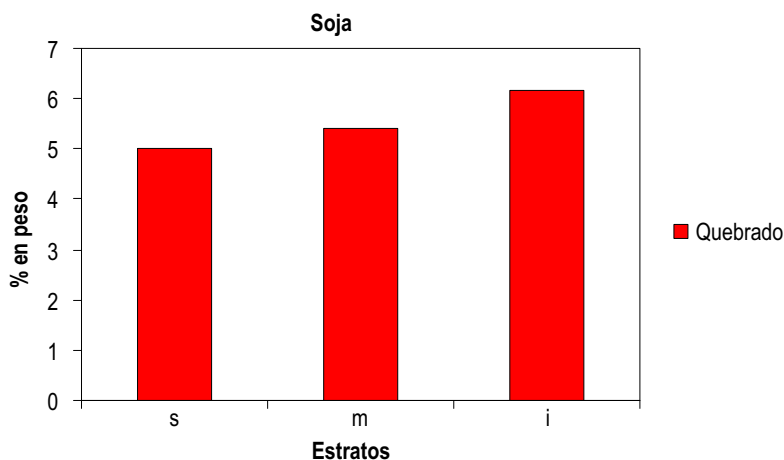


**Figura 7:** Porcentajes promedio de quebrado para las muestras obtenidas de distintos niveles en la tolva y en la bolsa.

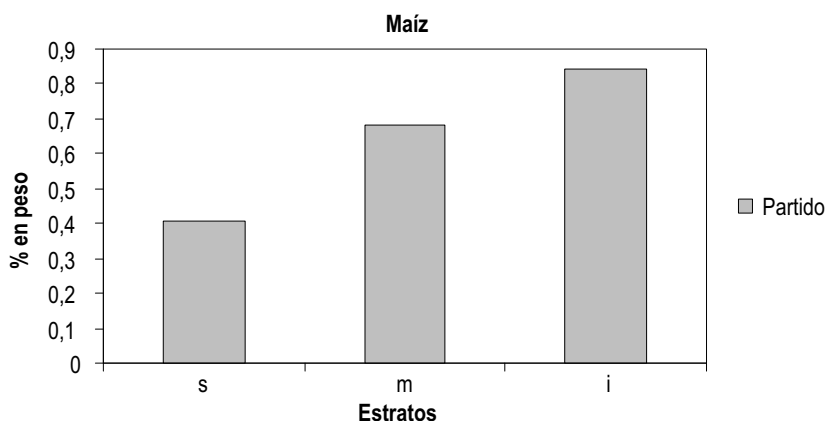
En las Figuras 8 y 9 se observan los porcentajes de quebrado y/o partido en los diferentes estratos para soja y maíz respectivamente. En ambos ensayos no se observó problemas de calidad, ya que en una liquidación del grano de soja almacenado no correspondería ninguna rebaja (comienza a rebajar a partir 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 de la bolsa, probablemente durante el 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 considerar que el estrato inferior de la bolsa es más propenso que el resto de la 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 una bolsa que contiene soja: superior (s), medio (m) e inferior (i).

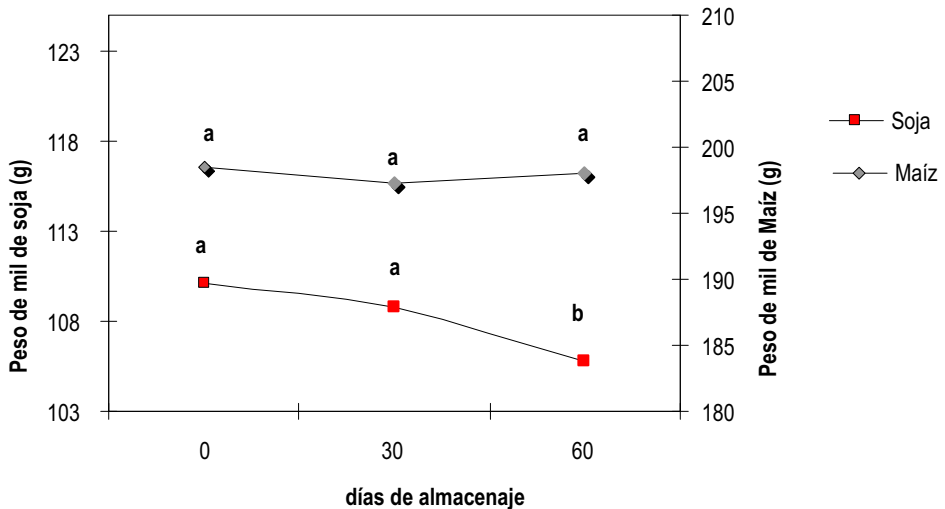


**Figura 9.** Porcentaje promedio de quebrado para tres estratos de una bolsa que contiene soja: superior (s), medio (m) e inferior (i).

### Evolución del peso de mil granos

Este parámetro presenta tendencias disímiles en ambos ensayos (Figura 10). En la bolsa plástica, que contiene soja presenta una disminución significativa del peso de mil semillas entre los 30 y 60 días de almacenado, y para maíz no existen diferencias en la materia seca para distintos periodos de tiempo. Dicha disminución del peso de mil no coincide con la bibliografía (Casini y otros, 2005), que indica valores de 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 pre-

sentada 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 semillas para soja y maíz en tres periodos de tiempo: 0 (inmediatamente después del embolsado), 30 y 60 días (diferencias mínimas significativas al 0,01%).

### 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 de la 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 es el que no se puede explicar con el presente ensayo.
- En base a las variables observadas, no se encontraron desventajas que impidan el almacenamiento de grano en bolsa con destino a industria.

### Referencias bibliográficas

- Bragachini. Gacetilla N° 42- Precisión: Cómo influye la cosecha sobre la calidad de los granos. 2003. Extraído de: [www.feriagroargentina.com.ar/prensa](http://www.feriagroargentina.com.ar/prensa). Accedido en agosto del 2006.
- Casini, C. Guía para almacenar Granos Secos en Bolsas Plásticas. Proyecto regional de producción agrícola sustentable. EEA INTA Manfredi, Córdoba. 2002.
- Casini, C., Rodríguez, J. C., Bartosik, R. E. Almacenamiento. En: Eficiencia de cosecha y almacenamiento de granos. Ed. INTA. Buenos Aires. 2003. pp. 78.
- Casini, C. Silo bolsa-Consejos de Manejo. Obtenido en: [www.prograno.org.ar/unanoticia.php?id](http://www.prograno.org.ar/unanoticia.php?id). 2004. Accedido en agosto de 2006.
- Casini, C., Rodríguez, J. C., Cabral, G. 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. 250.2005.

La Nación, Silo bolsas: Pérdidas que podrían evitarse. Obtenido en: [www.bccba.com.ar/bcc/images/Trigo2005](http://www.bccba.com.ar/bcc/images/Trigo2005).2004. Accedido en agosto del 2006.

Mayer, D. E. Yanucci, 2000. Secado, Libro de actualización N° 1. Granos & postcosecha latinoamericana, de la semilla al consumo. Buenos Aires.2000. pp. 201.

Montross, M D, Bakker-Arkema F W, Leppanen C L y Hines, R. E. Moisture content variation and grain quality of corn dried in different high-temperature dryers. ASAE Paper 94-6590, St. Joseph, MI 49085-9559 USA. 1994.

Montross, J E Liu Q, Bakker-Arkema F W, Montross, MD y Mayer, DE. Moisture content and stress-crack distributions in different high-temperature dryer types. ASAE Paper 97-6031, St. Joseph, MI 49085-9659 USA. 1997.

Rodríguez, J C, Bartosik, R E, Malinarich HD, Exilart JP y Nolasco, ME .Almacenaje de granos en silo-bolsas: Sistema silobag, Informe Sobre Girasol. Extraído de: [www.engormix.com/almacenaje](http://www.engormix.com/almacenaje) . Accedido en agosto del 2006. 2002.

Rodríguez, J C, Bartosik, R E Malinarich HD. Almacenaje de Granos en silo-bolsas, Informe Final de Trigo. En: Almacenamiento de Granos en Silos Bolsa. Obtenido en: [www.terratecargentina.com](http://www.terratecargentina.com). 2002. Accedido en agosto del 2006.

Rodríguez, J C. 1er Jornada de trigo de la región centro. Calidad en secado de granos. 2005. Obtenido en: [www.bccba.com.ar/bcc/images/Trigo2005/Conf%2012.pdf](http://www.bccba.com.ar/bcc/images/Trigo2005/Conf%2012.pdf)

Sala RG. Análisis de ligamiento genético para humedad del grano en maíz. 2002. Obtenido en: [www.inta.gov.ar/balcarce/ResumenesPG/PGPV2002/resusala.htm](http://www.inta.gov.ar/balcarce/ResumenesPG/PGPV2002/resusala.htm). Accedido en agosto del 2006.



# Factores que afectan la concentración de dióxido de Carbono en el aire intersticial de trigo almacenado en bolsas plásticas herméticas

Juan Rodríguez<sup>1</sup>, Ricardo Bartosik<sup>1</sup>, Leandro Cardoso<sup>1</sup>, Diego Crocché<sup>2</sup>

<sup>1</sup> INTA EEA Balcarce, <sup>2</sup> Universidad Nac. de Mar del Plata, Facultad de Agronomía.

## Introducción

En el año 2007 aproximadamente 35 millones de toneladas de grano fueron almacenadas en sistemas de almacenaje herméticos (bolsas plásticas) en Argentina, y cerca de 5 millones de toneladas correspondieron a trigo. El trigo almacenado en estas bolsas es mayormente utilizado para la molienda (mercado interno y externo), pero también algo es guardado como semilla para ser usado en la siembra de la siguiente campaña.

Cada bolsa tiene una capacidad aproximada de 200 toneladas de trigo y actualmente existe equipamiento disponible que permite realizar fácilmente el llenado de la bolsa y extracción del grano embolsado. Estos silos plásticos son de 60 m de largo, 2,74 m de diámetro y la cobertura plástica está formada por 3 capas (color blanco en su exterior y negro en el interior) con 235 micrones de espesor (Figura 1).



**Figura 1.** Foto de una bolsa plástica de 200 t de capacidad (75 m de largo y 2,74 m de diámetro).

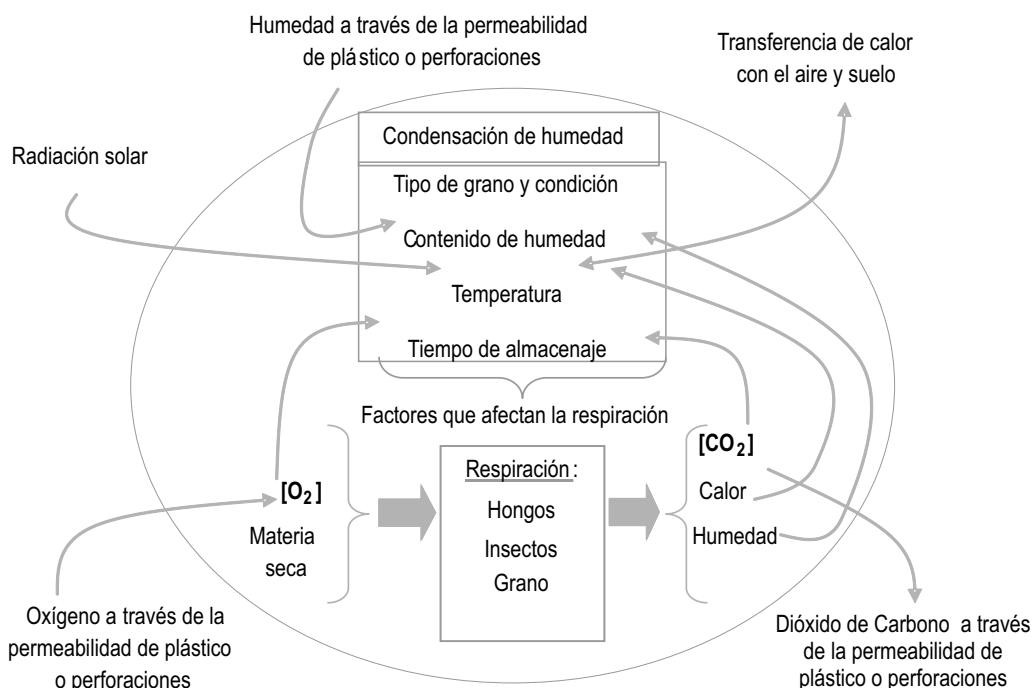
La bolsa plástica es impermeable al agua y conforma una atmósfera gaseosa modificada (Oxígeno (O<sub>2</sub>) y dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>)). Esto es resultado de la respiración de los componentes bióticos de la masa de granos (hongos, insectos y grano) que produce un aumento en la concentración de CO<sub>2</sub> y reduce la concentración de O<sub>2</sub>. Cuando la actividad biológica es intensa, el grado de modificación en la composición gaseosa típica de la atmósfera (21% de O<sub>2</sub> y 0,033% de CO<sub>2</sub>) es significativo, llegando a limitar la respiración del grano, hongos<sup>(1)</sup> y el desarrollo de insectos<sup>(2)(3)</sup>. También se observó que una alta concentración de CO<sub>2</sub> reduce la habilidad de *Aspergillus flavus* en producir Aflatoxinas.

Bartosik et al.<sup>(4)</sup> resumieron las experiencias previas sobre almacenamiento de grano en bolsas, donde se demostró que la temperatura del grano sigue el patrón de la temperatura ambiente a lo largo del año, lo que implica que la temperatura de la masa de granos no revela la actividad biológica dentro del granel.

El contenido medio de humedad no cambió de forma significativa durante todo el experimento, tanto

para bolsas con grano seco como para bolsas con grano húmedo. Tampoco se observó estratificación de humedad en bolsas de trigo. Cuando el grano fue almacenado con humedad de recibo (14%) o inferior, no se observó un decrecimiento en los parámetros de calidad durante 150 días de almacenaje. Sin embargo, cuando el grano fue almacenado con humedad por encima de recibo, se observó una disminución en algunos parámetros de calidad. El aumento en la concentración de  $\text{CO}_2$  fue mayor al final del tiempo de almacenamiento así como también fue mayor en las bolsas con grano más húmedo (13% de  $\text{CO}_2$  con 12,5% de humedad y 22,8% de  $\text{CO}_2$  con 16,4% de humedad después de 100 días de almacenamiento). Sobre la base de estas observaciones, los autores plantean la hipótesis de que la medición de  $\text{CO}_2$  en la composición del aire intersticial podría utilizarse como un indicador de la actividad biológica en la masa de granos para los sistemas de bolsas plásticas herméticas, y emplearse como una herramienta para el monitoreo del grano almacenado. Sin embargo, una mejor comprensión de las concentraciones típicas de  $\text{CO}_2$  en bolsas de trigo es necesaria para utilizar esta tecnología en el monitoreo del grano almacenado.

La concentración de  $\text{O}_2$  y  $\text{CO}_2$  en la bolsa depende del equilibrio entre la respiración (consumo de  $\text{O}_2$  y la generación de  $\text{CO}_2$ ), la entrada de  $\text{O}_2$  externa al sistema y la pérdida de  $\text{CO}_2$  hacia el exterior (Figura 2)



**Figura 2.** Diagrama de los principales factores que afectan la respiración de los granos y microorganismos en la bolsa, la relación entre ellos y la concentración final de  $\text{O}_2$  y  $\text{CO}_2$ .

El movimiento de los gases, entrada y salida de la bolsa, depende del diferencial en la presión parcial del gas y la permeabilidad del sistema (a través de las aberturas en la cubierta plástica, o a través de la permeabilidad natural del material plástico a los gases). El tipo y condición de grano, humedad, tempe-

ratura, tiempo de almacenamiento y concentración de  $O_2$  y  $CO_2$  afectan la tasa de respiración. La temperatura del grano depende de la temperatura inicial del mismo (este efecto es menos importante conforme aumenta el período de almacenaje), la radiación solar, las emisiones de calor por el proceso de respiración y la transferencia de calor de la bolsa con el aire y el suelo (la temperatura del grano aumenta durante la primavera y el verano disminuyendo durante el otoño y el invierno). La humedad del grano depende de la humedad inicial del mismo, la entrada de humedad desde el exterior (a través de las aberturas después de una lluvia, roturas o un mal sellado de la bolsa), y la humedad liberada por respiración. Además, debido al diferencial de temperatura entre el día y la noche, puede producirse deposición de humedad en las primeras capas del grano, resultando en una zona localizada de grano más húmedo.

El objetivo de esta investigación fue estudiar el efecto de la humedad, la temperatura y la calidad del grano sobre la concentración de  $CO_2$  en bolsas de trigo.

### **Materiales y métodos**

Los ensayos se llevaron a cabo en plantas de acopios y campos del sudeste de la provincia de Buenos Aires, Argentina, a través de tres estaciones de almacenamiento (desde enero de 2006 a mayo de 2008). La mayoría de las bolsas de trigo se llenaron en diciembre y enero y el grano fue almacenado hasta junio o julio. Sin embargo, en una pequeña cantidad de bolsas se almacenó grano durante más de un año.

Para cada bolsa se establecieron tres sitios de muestreo. El procedimiento consistió en medir primero la concentración de gases ( $O_2$  y  $CO_2$ ) con un analizador de gases portátil (PBI Dan Sensor, Check-Point, Dinamarca), perforando la cubierta de plástico con una aguja hipodérmica. La composición del gas fue analizada en tres niveles para cada sitio de muestreo, cerca de la parte superior de la bolsa, en el centro y cerca de la parte inferior de la misma.

Después que la composición del gas fue analizada, se insertó una vara de madera con tres sensores de temperatura en el granel (en diagonal, a  $45^\circ$  hacia el centro de la bolsa) para medir la temperatura del grano en aproximadamente 0,1, 0,7 y 1,4 m de la superficie.

En cada lugar de muestreo se recogieron grano de tres niveles diferentes (en la parte superior: 0,10 m de profundidad, media: 0,75 m de profundidad y la parte inferior: 1,6 m de profundidad -altura total de la bolsa: 1,7 m-) utilizando un calador de camiones. El material de cada uno de los tres sitios de muestreo fue segregado por nivel (superior, medio e inferior). Las muestras de grano fueron depositadas en bolsas de plástico herméticas y remitidas al Laboratorio de Poscosecha de Granos de la Estación Experimental Balcarce del (INTA). Después del calado, las aperturas de la bolsa fueron selladas con una cinta especial, con el fin de restablecer la hermeticidad del sistema.

Se recogió información adicional de la bolsa, como la calidad de armado y de cierre, la historia de aperturas, perforaciones causadas por animales o mal sellado después de la toma de muestras, preparación inadecuada del terreno cuando se instaló la bolsa (cuando las bolsas son montadas sobre los residuos de la cosecha resultan con perforaciones en la parte inferior), con riesgo de inundaciones a causa de estar situadas en zonas bajas del terreno y cualquier otra información pertinente.

En el laboratorio las muestras fueron analizadas por humedad (Dickey-John, GAC 2100) y calidad comercial de acuerdo con el estándar de calidad comercial de trigo de Argentina<sup>(6)</sup>. Posteriormente, cada muestra fue calificada como trigo de buena calidad o mala calidad de acuerdo a la Tabla 1. El pro-

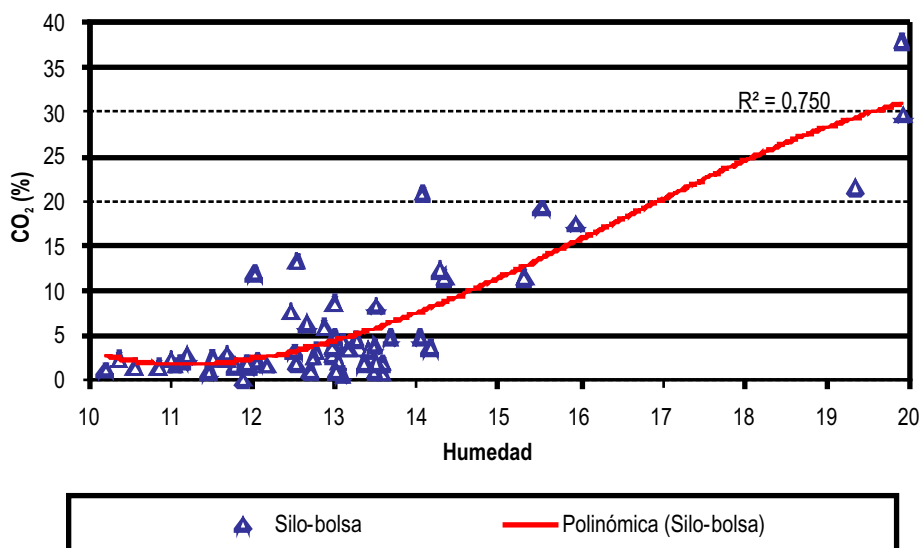
cedimiento de control se repitió aproximadamente cada 15 días durante todo el período de almacenamiento.

**Tabla 1.** Límites de los factores de calidad de comercialización del estándar de trigo en Argentina utilizado para clasificar las muestras de grano como de buena o mala calidad.

Calidad de grano	Calidad	Peso hectolítrico	Materias extrañas	Grano dañado	Granos quebrados y chuzos
	Grado	(Kg/hl)	(%)	(%)	(%)
Buena calidad	1	79.0	0.2	1.0	0.50
	2	77.5	0.6	1.5	0.85
Mala calidad	2	76.0	0.8	2.0	1.20
	3	73.0	1.5	3.0	2.00
	Fuera de grado				

### Resultados y discusión

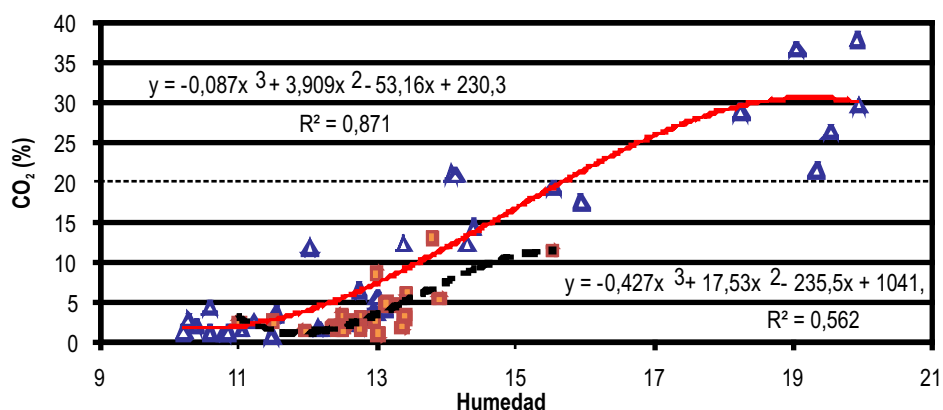
En la Figura 3 se muestra la relación entre la humedad del grano y la concentración de CO<sub>2</sub>. Se observa claramente que la concentración de CO<sub>2</sub> aumenta con el incremento de humedad del grano, como consecuencia de un aumento en la actividad biológica. Cuando la humedad del trigo fue inferior a 13% la concentración media de CO<sub>2</sub> fue inferior al 5% (presumiblemente debido a la respiración del grano). Cuando el contenido de humedad del trigo aumenta se alcanza el punto en el que los hongos se activan (entre 13,5% y 14,5%). Como resultado, cuando la humedad del trigo fue de 16% la concentración de CO<sub>2</sub> aumentó al 15%, y al 30% cuando el trigo presentó humedad superior al 19%. Los datos mostrados en la Figura 3 se corresponden con bolsas sin problemas estructurales visibles, aunque pudieron ser incluidos algunas bolsas con perforaciones en la parte inferior sin ser notadas durante la toma de muestras.



**Figura 3.** Concentración de CO<sub>2</sub> en bolsas de trigo con buenas condiciones de almacenamiento en función del contenido de humedad del grano.



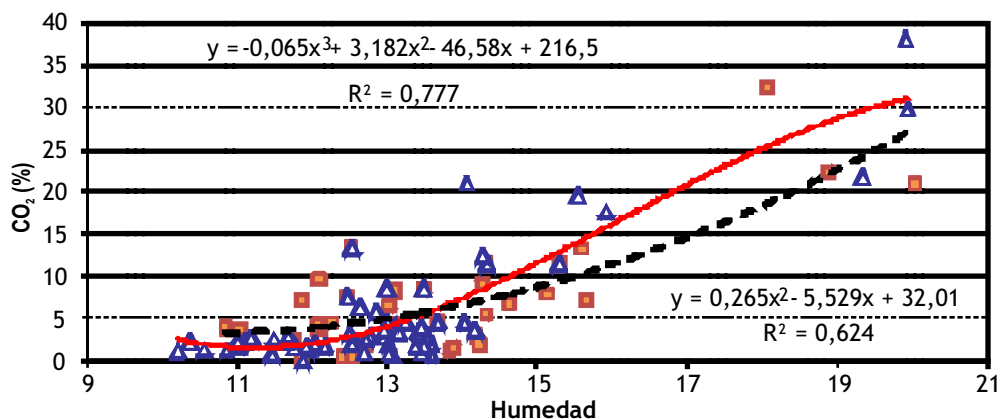
La Figura 4 muestra la diferencia en la concentración de CO<sub>2</sub> en bolsas con trigo de buena y mala calidad para diferentes humedades de grano. El grano de mala calidad tiene mayor porcentaje de materias extrañas, granos quebrados y granos dañados. Como consecuencia, para una misma humedad del grano, las bolsas que contenían grano de mala calidad resultaron con una mayor concentración de CO<sub>2</sub> que las bolsas con trigo de buena calidad, debido a la mayor actividad biológica en trigo de mala calidad. La diferencia entre ambas condiciones de grano aumentó desde 5 puntos porcentuales% de CO<sub>2</sub> con 13% de humedad a 7,5 puntos porcentuales para el trigo con 15,5% de humedad.



▲ Mala Calidad    — Polinómica (Mala Calidad)    ■ Buena Calidad    - - - - Polinómica (Buena Calidad)

**Figura 4.** Concentración de CO<sub>2</sub> para diferentes contenidos de humedad del grano en bolsas con trigo de buena y mala calidad.

La Figura 5 muestra la concentración de CO<sub>2</sub> para bolsas muestreadas durante la época cálida (enero-marzo) y fría (mayo-julio) de almacenamiento. Baja temperatura durante el almacenamiento afectó la actividad biológica, reduciendo la tasa de respiración de los granos y los microorganismos. En grano con baja humedad no se observó casi ninguna diferencia en la concentración de CO<sub>2</sub> durante la temporada cálida y fría, mientras que para humedad por encima de 14% (presumiblemente humedad en la cual se activan los hongos), la diferencia en la concentración de CO<sub>2</sub> durante la estación cálida fue de 7 puntos porcentuales más que en la estación fría.



▲ Enero-Marzo    — Polinómica (Enero Marzo)    ■ Mayo Julio    - - - - Polinómica (Mayo Julio)

**Figura 5.** Concentración de CO<sub>2</sub> para bolsas con diferentes contenidos de humedad del grano muestreadas durante la temporada cálida de almacenamiento (enero-marzo) y la temporada fría de almacenamiento (mayo-julio).

## Conclusiones

El principal factor que afecta la concentración de CO<sub>2</sub> en bolsas de trigo es la humedad del grano. Por debajo del 13% de humedad la concentración de CO<sub>2</sub> fue inferior al 5% y con humedad de grano superior los hongos se activan, registrándose concentraciones de hasta el 30% de CO<sub>2</sub> con trigo de 19% de humedad.

Las bolsas con trigo de buena calidad presentaron menor concentración de CO<sub>2</sub> que las bolsas con mala calidad de trigo a una misma humedad del grano, lo que implica que la mala calidad del trigo representa mayor actividad biológica, observándose diferencias en la concentración de CO<sub>2</sub> de hasta 7 puntos porcentuales.

El efecto de la temperatura promedio del grano en la concentración de CO<sub>2</sub> es sustancial cuando la humedad del grano se encuentra por encima de 14%. Para bolsas de trigo con humedad superior a 14% la concentración de CO<sub>2</sub> fue mayor durante la estación cálida que durante la estación fría, y esta diferencia fue hasta de 7 puntos porcentuales cuando la humedad del trigo se encontraba entre 16 y el 17%.

## Referencias

- Navarro S and Donahaye J. Innovative environmentally friendly technologies to maintain quality of durable agricultural produce. In: Shimshon B Y ed. Environmentally friendly technologies for agricultural produce quality. Boca Ratón, Florida: CRC Press, 2005: 203-260.
- Banks H J y Annis P C. Comparative advantages of high CO<sub>2</sub> and low O<sub>2</sub> types of controlled atmospheres for grain storage. Calderon M and R. Borkai-Golan ed. Food preservation by modified atmospheres. Boca Raton, Florida: CRC Press, 1990: 93-122.
- Adler C, Corinth H G y Reichmuth C. Modified atmospheres. En: Subramanyam Bh and Hagstrum D W ed. Alternative to pesticides in stored-product IPM. Boston: Kluwer Academic Publisher, 2000: 106-146.
- Bartosik R, Rodríguez J y Cardoso L. Storage of corn, wheat soybean and sunflower in hermetic plastic bags. Proceeding of the International Grain Quality and Technology Congress. Chicago, Illinois, USA, 2008.
- SAGyP. XX Norma de calidad para la comercialización de trigo pan. 2006. Disponible en: <http://infoleg.mecon.gov.ar/infolegInternet/anexos/100000-104999/102083/norma.htm>. Accedido en Junio del 2008.

## Factores que afectan la concentración de dióxido de Carbono en el aire intersticial de soja almacenada en bolsas plásticas herméticas

Leandro Cardoso<sup>1</sup>, Ricardo Bartosik<sup>1</sup>, Juan Rodriguez<sup>1</sup>, Darío Ochandio<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Mar del Plata.

### Introducción

Durante los últimos 10 años en Argentina la producción de soja aumentó 31 millones de toneladas. Como resultado, en el 2008 la cosecha de soja fue estimada en 47 millones de toneladas, representando casi la mitad del total de la producción de grano del país<sup>(1)</sup>. Por otro lado, la capacidad de almacenaje permanente no creció al mismo ritmo que la producción, por lo que una sustancial porción de la cosecha, estimada en casi 35 millones de toneladas, fueron guardadas en sistemas de almacenaje herméticos temporarios (bolsas plásticas). Alrededor de la mitad del grano almacenado en bolsas plásticas corresponde a soja (17 millones de toneladas).

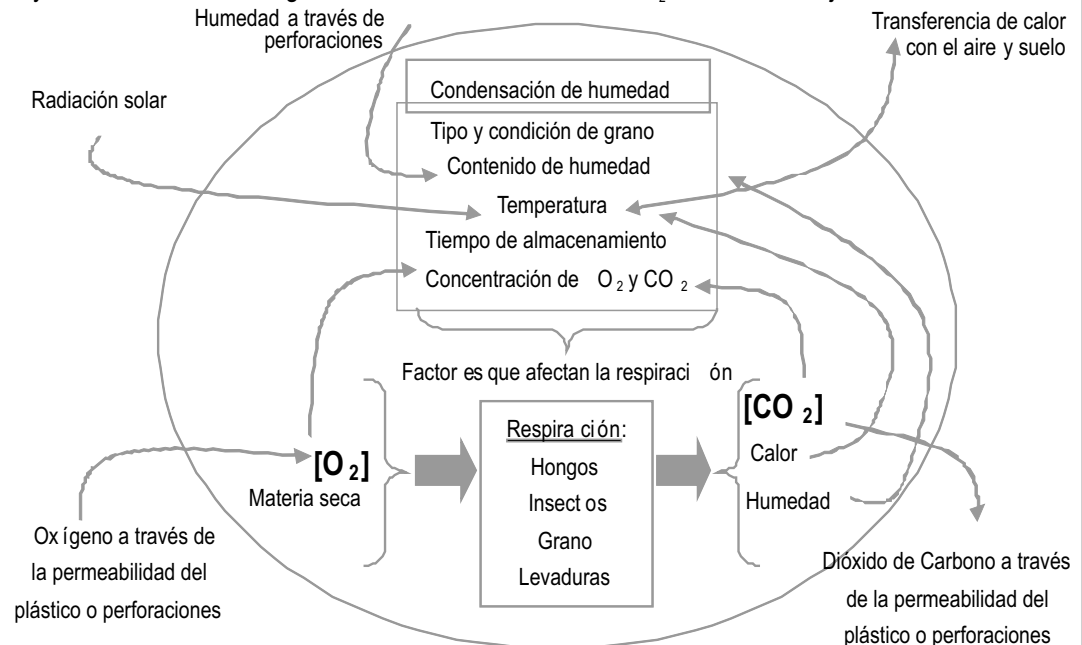
Cada bolsa puede almacenar aproximadamente 180 toneladas de soja y con el equipo de manipulación disponible es muy sencillo de cargar y descargar el grano de la bolsa. Las proporciones típicas de la estructura son de 60 m de largo, 2,76 m de diámetro y 235 micrones de espesor; está compuesta por tres capas de plástico (blanco por fuera y negro por dentro). La bolsa es impermeable al agua y tiene un alto nivel de hermeticidad ante los gases (Oxígeno (O<sub>2</sub>) y dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>)). Como resultado de la respiración de los componentes bióticos de la masa de granos (hongos, insectos y grano) se incrementa la concentración de CO<sub>2</sub> y reduce la concentración de O<sub>2</sub>. Cuando la actividad biológica es intensa, la modificación de la concentración típica de gases atmosféricos (21% O<sub>2</sub> y 0,03% CO<sub>2</sub>) es mayor, lo cual limitaría la respiración del grano, hongos<sup>(2)</sup> y el desarrollo de insectos<sup>(3)(4)</sup>. También se observó que la alta concentración de CO<sub>2</sub> reduce la habilidad de *Aspergillus flavus* para producir aflatoxina<sup>(5)</sup>.

Bartosik et al.<sup>(6)</sup> resumieron experiencias previas de almacenaje de grano en bolsas plásticas herméticas, donde fue demostrado que la temperatura del grano almacenado siguió el patrón de la temperatura ambiente a lo largo del año. Esto significa que la temperatura del grano en una bolsa plástica no revela la actividad biológica en el granel. El contenido de humedad promedio del grano no varió significativamente durante el experimento, tanto para grano húmedo como para grano seco. En general, no se observó estratificación de humedad en la bolsa de soja. Sin embargo, un estudio de la evolución del contenido de humedad en granos individuales de soja almacenados en bolsa mostró un leve pero significativo incremento de la humedad del grano en el estrato superior (de 11,7 a 12,6% en 60 días)<sup>(7)</sup>. En general, cuando el grano fue almacenado a humedad de recibo, no se produjo una disminución significativa en los parámetros de calidad durante los 150 días en los que se monitoreó el grano almacenado. Por otra parte, cuando el grano fue almacenado por encima de la humedad de recibo se observaron mermas en algunos parámetros de calidad. Sin embargo, la soja almacenada a 12,5% de humedad tuvo una reducción en el poder germinativo, aunque otros trabajos presentaron diferentes resultados con similar humedad del grano<sup>(8)</sup>. El incremento en la concentración de CO<sub>2</sub> fue mayor sobre el final del período de almacenamiento y también fue mayor en las bolsas que tenían grano más húmedo (7,5% de CO<sub>2</sub> para 12,5% de humedad, y 16,2% de CO<sub>2</sub> para 15,6% de humedad después de 160 días

de almacenamiento). Basados en estas observaciones los autores hipotizaron que la medición de la composición del aire intersticial podría utilizarse como indicador de la actividad biológica en la masa de grano para las bolsas plásticas herméticas y como una herramienta para el monitoreo del estado de conservación de los granos en dichos sistemas. Sin embargo, una mejor comprensión de la concentración típica de  $\text{CO}_2$  en las bolsas de soja es requerida para utilizar esta tecnología en el monitoreo del grano almacenado.

La Figura 1 muestra un diagrama de los principales factores que afectan la respiración del grano, los microorganismos en el sistema de almacenaje hermético y la relación entre ellos. Basado en este modelo, la concentración de  $\text{CO}_2$  y  $\text{O}_2$  en la bolsa depende del equilibrio entre la respiración (consumo de  $\text{O}_2$  y generación de  $\text{CO}_2$ ), la entrada de  $\text{O}_2$  externa al sistema y la pérdida de  $\text{CO}_2$  hacia la atmósfera. El movimiento de los gases dentro y fuera de la bolsa depende de la diferencia de presión parcial del gas y de la permeabilidad del sistema (a través de las aberturas de la cubierta plástica o a través de la permeabilidad natural del material a los gases). Condición y tipo de grano, humedad, temperatura, tiempo de almacenamiento y concentración de  $\text{O}_2$  y  $\text{CO}_2$  afectan la tasa respiratoria. La temperatura del grano depende de la temperatura del mismo al momento del embolsado (este efecto es menos importante a medida que se prolonga el periodo de almacenamiento), el efecto de la radiación solar, el calor emitido por el proceso de respiración y la transferencia de calor con el aire y el suelo (la temperatura del grano aumenta en primavera-verano y decrece durante el otoño-invierno). La humedad del grano depende de la humedad inicial del mismo, la entrada de humedad desde el exterior (a través de aberturas, roturas o mal sellado de las bolsas) y la humedad producida por el proceso de respiración. Además, debido a la diferencia de temperatura entre el día y la noche, pueden ocurrir deposiciones de humedad en la capa superior humedeciendo el grano de dicho estrato.

El objetivo de esta investigación fue estudiar el efecto del contenido de humedad del grano, temperatura y factores de calidad del grano sobre la concentración de  $\text{CO}_2$  en bolsas de soja.



**Figura 1.** Diagrama de los principales factores que afectan la respiración del grano y los microorganismos en bolsas plásticas, la relación entre ellos y la concentración final de  $\text{O}_2$  y  $\text{CO}_2$ .

## Materiales y métodos

Los ensayos se llevaron a cabo en plantas de acopio y campos en el sudeste de la provincia de Buenos Aires, Argentina, durante 10 meses (desde abril de 2007 hasta enero del 2008). La mayoría de las bolsas se llenaron en abril-mayo y fueron almacenadas hasta octubre o noviembre. Sin embargo, una pequeña cantidad de estas bolsas fueron almacenadas por más de un año. El monitoreo de las bolsas involucradas en el estudio se realizó con una frecuencia de 15 días durante todo el período de almacenamiento.

De cada bolsa se tomaron muestras de tres lugares diferentes. El procedimiento consistió en medir primero la concentración de gases ( $O_2$  y  $CO_2$ ) con un analizador de gases portátil (PBI DanSensor, CheckPoint, Dinamarca), perforando la cubierta plástica con una aguja hipodérmica. La composición de gas fue analizada en tres niveles en cada ubicación de muestreo: cerca de la parte superior, en el centro y en la parte inferior de la bolsa.

Luego de analizar la composición del gas, se insertó en la masa de grano una vara de madera con tres sensores de temperatura (en diagonal, con una inclinación de  $45^\circ$ , desde la parte superior y lateral hacia la parte inferior y central de la bolsa) para medir la temperatura del grano a aproximadamente 0,1, 0,7 y 1,4 m desde el punto de inserción.

En cada lugar de muestreo se tomaron muestras de grano de tres niveles diferentes: superficie, a 0,10 m de profundidad, medio, a 0,75 m de profundidad e inferior, a 1,6 m de profundidad (altura total de la bolsa: 1,7 m) utilizando un calador estándar de camión. Las muestras de grano de cada nivel y cada lugar de muestreo fueron guardadas en bolsas plásticas cerradas herméticamente y llevadas al Laboratorio de Análisis de Poscosecha de Grano de la Estación Experimental Balcarce de el INTA. Después del muestreo las aberturas de la bolsa fueron selladas con una cinta especial para restablecer la hermeticidad en el sistema.

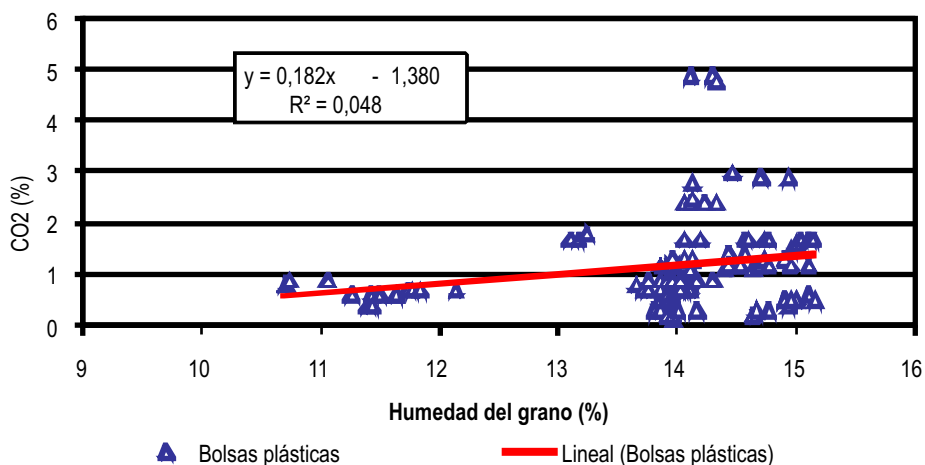
Se recogió información adicional de la bolsa, como calidad de llenado y sellado, historia de aberturas, perforaciones causadas por animales o mal sellado luego de la toma de muestras, inapropiada preparación del suelo donde se colocó la bolsa (cuando la bolsa fue colocada sobre restos de cultivo resulta con perforaciones) o si la bolsa se ubicó en zonas bajas con riesgo de inundación, entre otra información relevante.

Posteriormente en laboratorio se determinó humedad de las muestras de grano (GAC 2100, Dickey-John).

## Resultados y discusión

En la Figura 2 se muestra la relación entre la humedad del grano y la concentración de  $CO_2$ . Los datos se corresponden a bolsas sin problemas estructurales visibles, aunque algunos casos de bolsas con perforaciones en la parte inferior, que no se advirtieron durante la toma de muestras, podrían haber sido incluidos.

Esta relación muestra que la concentración de  $CO_2$  tiende a aumentar muy lentamente con el incremento de la humedad del grano, probablemente como consecuencia de una mayor actividad biológica en el grano húmedo (aunque el  $R^2$  fue muy bajo, cerca del 5%). Cuando la humedad de la soja fue inferior a 14% la concentración de  $CO_2$  media fue menor al 2% (presumiblemente debido a la respiración del grano). Cuando el contenido de humedad de la soja aumenta hasta el punto en el que se activan los hongos (más de 14%) la concentración de  $CO_2$  de algunas bolsas aumentó hasta un 5%. En compara-



**Figura 2.** Concentración de CO<sub>2</sub> en bolsas con soja con diferente contenido de humedad.

ción con los datos obtenidos en bolsas de trigo<sup>(9)</sup>, la relación entre la humedad del grano y la concentración de CO<sub>2</sub> fue menos clara para la soja. Aparentemente la soja posee menor actividad biológica a igual humedad del grano, con 13% de humedad la concentración de CO<sub>2</sub> fue menor al 2%, mientras que con el 13% de humedad el trigo tuvo una concentración de CO<sub>2</sub> alrededor del 5%. Cuando la soja incrementó la humedad a 14-15%, la máxima concentración de CO<sub>2</sub> fue de alrededor del 5% (1,5% en promedio), mientras que para el mismo rango de humedad, el trigo tuvo una concentración máxima de CO<sub>2</sub> de 20% y un promedio entre 7,5 y 12%.

En la Figura 3 se muestra la relación entre, la temperatura promedio del aire ambiente (dato obtenido de la Estación Meteorológica de la Estación Experimental de Balcarce) y el promedio de la temperatura de la soja en la bolsa a lo largo del año. Estos datos concuerdan con los datos publicados por Bartosik et al.<sup>(6)</sup>, donde demostraron que el promedio de la temperatura del grano siguió el patrón de la temperatura ambiente promedio. En esta figura se puede apreciar que a comienzo de otoño (abril) la temperatura de la soja fue superior a 25°C (lo más probable es que la soja fue cosechada un día cálido). Se asume que el grano almacenado en bolsa puede intercambiar calor con el aire y el suelo por su gran superficie expuesta. La relación superficie/volumen de una bolsa es mayor a la de un silo de chapa convencional, dado que una bolsa de 180 t tiene un radio aproximado de 1,42 m y 60 m de largo, mientras que un silo estándar de la misma capacidad tiene 3,5 m de radio y 9 m de alto. Como resultado, la soja disminuyó su temperatura a unos 10-15°C durante el invierno (junio-agosto) ya que la temperatura ambiente bajó a 7°C o menos durante esta estación. Cuando el promedio de la temperatura ambiente subió a 15°C durante el comienzo de primavera y 20°C después (septiembre-noviembre), la temperatura del grano aumentó a 15°C y 25°C, respectivamente.

La Figura 4 presenta la concentración de CO<sub>2</sub> para una bolsa, monitoreada en invierno y en primavera. La temperatura de almacenamiento afectó la actividad biológica, reduciendo la tasa respiratoria del grano y microorganismos. Durante el invierno, cuando la temperatura del grano fue inferior a 15°C, la concentración de CO<sub>2</sub> fue menor a 2% para soja con 13% de humedad o menos, por debajo del 3% para soja entre 13 y 14% de humedad, y menor a 5% para soja entre 14 y 15,3% de humedad. Cuando la temperatura del grano aumentó durante la primavera (hasta 25°C, Figura 3), la concentración de CO<sub>2</sub> aumentó alrededor de 2,5-3% para todos los valores de humedad (hasta 4,5% de CO<sub>2</sub> para soja

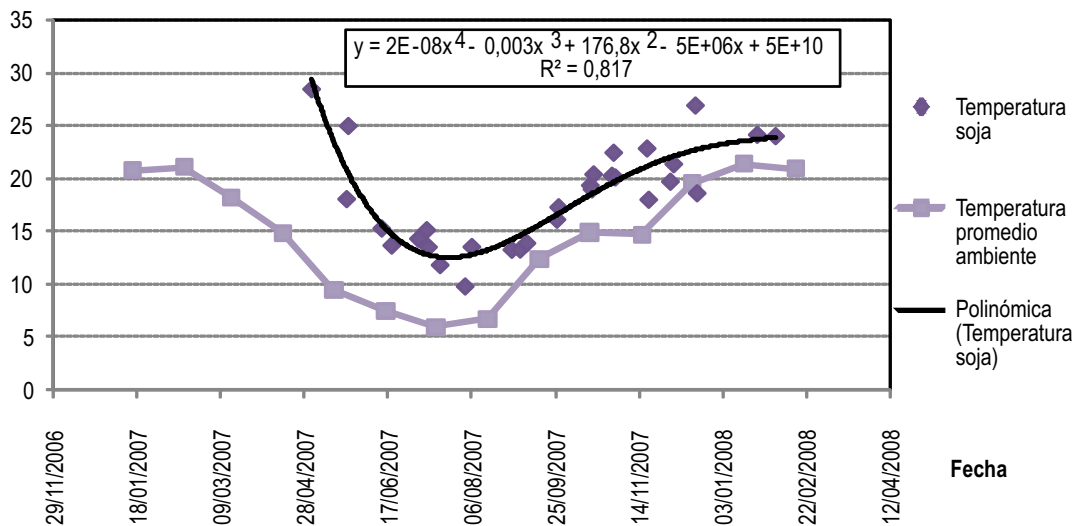


Figura 3. Promedio de la temperatura ambiente y promedio de la temperatura de la soja almacenada en bolsa.

por debajo de 13,5% y hasta 8% de CO<sub>2</sub> para soja entre 13,5 y 15,3% de humedad). Sin embargo, el promedio de la concentración de CO<sub>2</sub> no se incrementó sustancialmente con el aumento de la temperatura, como se muestra en la línea de tendencia.

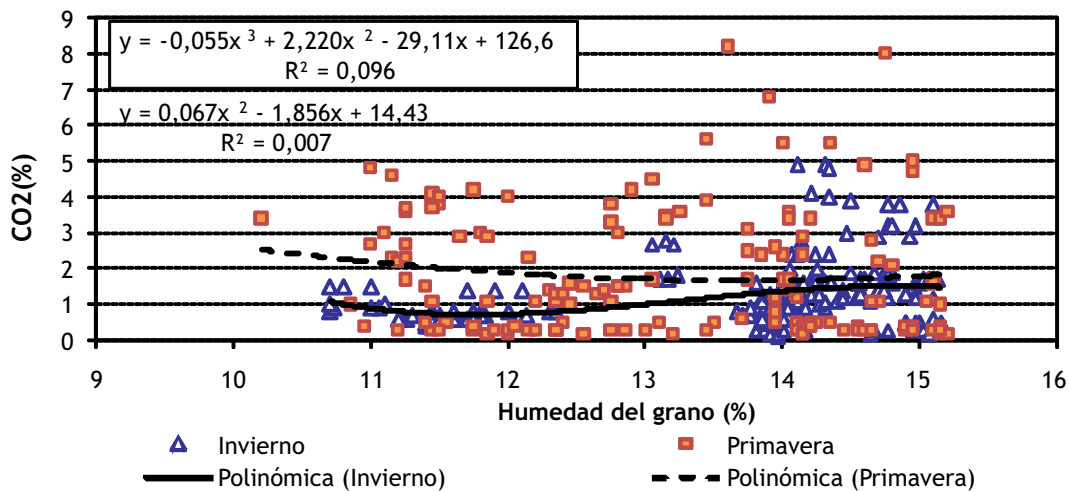


Figura 4. Concentración de CO<sub>2</sub> a diferentes contenidos de humedad de grano para bolsas muestreadas durante el invierno y primavera.

## Conclusión

En promedio, el aumento de la actividad biológica, medida como concentración de CO<sub>2</sub>, no aumentó sustancialmente cuando la humedad de la soja aumentó de 11% a 15,3%. La concentración de CO<sub>2</sub> para soja con 14% de humedad o menos, estaba por debajo de 2%. La concentración de CO<sub>2</sub> promedio para una bolsa con soja entre 14% y 15,3% de humedad se mantuvo por debajo de 2%, sin embargo en algunas bolsas la concentración de CO<sub>2</sub> llegó a 5%.

El promedio de temperatura de la soja, almacenada en bolsa, siguió el patrón del promedio de la temperatura ambiente a través de las estaciones.

Se pudo ver un pequeño aumento en la concentración promedio de CO<sub>2</sub>, en función del aumento de la temperatura del grano (1,5% puntos de CO<sub>2</sub> por cada 10°C de aumento de temperatura). Cuando las bolsas fueron analizadas individualmente, la concentración de CO<sub>2</sub> medida durante la temporada cálida de almacenamiento fue hasta 3% mayor que la medida durante la temporada fría.

## Referencias

- SAGyP. Estimaciones agrícolas mensuales, cifras oficiales a 19/05/08: Campaña de cosecha 2007/2008 de soja. Disponible en: [www.sagpya.mecon.gov.ar](http://www.sagpya.mecon.gov.ar). Accedido en Junio del 2008.
- Navarro S y Donahaye J. Innovative environmentally friendly technologies to maintain quality of durable agricultural produce. En: Shimshon B Y ed. Environmentally friendly technologies for agricultural produce quality. Boca Raton, Florida: CRC Press, 2005: 203-260.
- Banks H J y Annis P C. Comparative advantages of high CO<sub>2</sub> and low O<sub>2</sub> types of controlled atmospheres for grain storage. En: Calderon M and R. Borkai-Golan ed. Food preservation by modified atmospheres. Boca Raton, Florida: CRC Press, 1990: 93-122.
- Adler C, Corinth H G y Reichmuth C. Modified atmospheres. En Subramanyam Bh and Hagstrum D W ed. Alternative to pesticides in stored-product IPM. Boston: Kluwer Academic Publisher, 2000: 106-146.
- Landers K E, Davis N D y Diener U L. Influence of atmospheric gases on aflatoxin production by *Aspergillus flavus* in peanuts. *Phytopathology*, 1986, 57: 1967.
- Bartosik R, Rodríguez J y Cardoso L. Storage of corn, wheat soybean and sunflower in hermetic plastic bags. Proceedings of the International grain quality and technology congress. Chicago, 2008.
- Cardoso M, Bartosik R y Rodríguez J. Estudio de la evolución de la humedad de los granos individuales en bolsas de maíz y soja. Avances en Ingeniería Rural 2005-2007. IX Congreso de Ingeniería Rural y I del MERCOSUR. Rosario: Ed. SIMA, 2007: 410-420.
- EEA INTA Pergamino. Almacenaje de soja en silo-bolsa durante cuatro meses. 2003. Disponible en: [www.elsitioagricola.com](http://www.elsitioagricola.com). Accedido en Junio del 2008.
- Rodríguez J, Bartosik R, Cardoso M y Croce D. Factors affecting carbon dioxide concentration of wheat stored in hermetic plastic bags (silo-bag). Proceedings of the 8th International conference on controlled atmosphere and fumigation in stores products. Chengdu, 2008.



- Buenos Aires. EEA Pergamino:
  - Maíz
  - Sorgo
  - Tecnología específica

## Almacenaje de granos de soja en bolsa plástica

J. Azcona<sup>1</sup>, M. Schang<sup>1</sup>, A. Couretot<sup>1</sup>, J. Ostojic<sup>1</sup>, G. Botta<sup>1</sup> y M. Sala<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>INTA, EEA Pergamino, <sup>2</sup>Laboratorio Aletehías, Ituzaingó.

### Introducción

El almacenaje de granos en bolsa plástica es una práctica de uso creciente por considerarse una solución para gran parte de los problemas que pueden presentarse al momento de cosecha, como accesos intransitables por lluvia, falta de capacidad de secado, etc. Durante los últimos años se ha acumulado información sobre el manejo de estos silos y el efecto del contenido de humedad sobre la calidad comercial del grano. En cambio, no se dispone de resultados referidos al efecto de esta forma de almacenaje sobre la composición química (proteína y aceite) y contenido de energía metabolizable de ingredientes como el poroto de soja, aspectos de sumo interés para nutricionistas y fabricantes de alimentos balanceados. Esta materia prima se utiliza en prácticamente todas las dietas destinadas a animales no rumiantes, por ser una fuente de energía y proteína de alta calidad.

Por este motivo, se realizó el seguimiento de una partida de soja almacenada en bolsa plástica y de otra partida de la misma soja conservada en bolsas comunes de polipropileno tipo "plastillera", para determinar si se producen cambios en la composición química o en el contenido de energía metabolizable debidos a la forma de almacenaje. En el presente informe se presentan los resultados obtenidos a los 120 días de almacenaje si bien el estudio se extiende hasta los 180 días.

### Materiales y métodos

Se cosechó un lote sembrado con la variedad Pioneer 9492 y se almacenó en una bolsa plástica provista por la Empresa Plastar. Paralelamente se separó parte de lo cosechado, para conservar como soja para semilla previa clasificación y embolsado. Este material se utilizó como referencia a lo largo del período de evaluación.

Al inicio del estudio se determinó el contenido de materia seca y micotoxinas, de las cuales se analizaron Aflatoxinas, *Ocratoxina*, *Citrinina*, *Zearalenona*, *DON* (*Vomitoxina*), *Toxina T2*, *Fusarenona X*, *Nivalenol* y *DAS* (*Diacetoxycirpenol*)<sup>1</sup>.

A los 120 y 180 días de almacenaje se determinó materia seca, proteína, lípidos y acidez<sup>2</sup> y poder germinativo<sup>3</sup>

Paralelamente se procedió a "desactivar" una muestra de cada material para minimizar la presencia de factores antinutricionales propios de la soja. Este proceso consistió en hervir la soja durante 30 minutos y secarla en estufa a 60°C, hasta reducir la humedad al nivel inicial (10 - 12%).

Para confirmar el correcto desactivado se determinó la actividad ureásica remanente, indicador indirecto de la desaparición de factores antinutricionales como antitripsinas.

Una vez desactivadas las dos muestras de soja, se procedió a determinar el contenido de energía metabolizable verdadera (EMV)<sup>4</sup> utilizando gallos adultos. El método consiste en determinar qué pro-

porción de la energía bruta (EB) ingerida es absorbida a lo largo del tracto digestivo. Para ello es necesario determinar el contenido de EB de la soja y de las heces, mediante un calorímetro.

### Resultados y discusión

La humedad con que fue almacenada la soja fue del 10% y no se detectó presencia de ninguna de las micotoxinas evaluadas.

Después de 120 y 180 días de almacenaje no se observaron diferencias en materia seca, proteína, aceite y acidez (Tabla 1)

**Tabla 1.** Composición química (base seca)

Parámetro	Bolsa Plástica		Semilla	
	120 días	180 días	120 días	180 días
Humedad (%)	10,2	9,3	10,4	9,6
Proteína (%)	38,9	37,7	39,2	38,3
Aceite (%)	18,2	17,9	18,0	18,1
Acidez (Eao)	0,7	0,7	0,7	0,8

Eao: Equivalente ácido oleico.

Tampoco se observaron diferencias entre tratamientos en el contenido de energía bruta (EB) ni en el contenido de energía metabolizable verdadera (EMV) (Tabla 2).

La relación EMV/EB fue de 73%, valor que coincide con el observado para el caso de poroto de soja desactivado con vapor. La actividad ureásica (AU) se situó dentro del rango aceptado en la práctica (Incremento de pH > a 0 y < a 0,15).

**Tabla 2.** Energía metabolizable (base seca)

Parámetro	Bolsa Plástica		Semilla	
	120 días	180 días	120 días	180 días
EB (kcal/kg)	5823	5812	5800	5751
EMV (kcal/kg) *	4249 ± 145	4230 ± 226	4226 ± 85	4157 ± 121
EMV/EB (%)	73,0	72,8	72,9	72,3
Act. Ureásica (¿ pH)	0,01	0,01	0,02	0,01

\*: Medias ± desvío estándar.

En ambos casos no se detectó presencia de micotoxinas y el poder germinativo fue de 90% o más. (Tabla 3)

**Tabla 3.** Contenido de micotoxinas y poder germinativo

Parámetro	Bolsa Plástica		Semilla	
	120 días	180 días	120 días	180 días
Micotoxinas (ppm)	ND	ND	ND	ND
Poder Germinativo (%)	90	90	92	91

ND: No detectado.

## Conclusiones

Los resultados obtenidos muestran que es posible conservar en bolsa plástica soja con 10% de humedad durante 180 días sin que se observe deterioro de:

- Características químicas (proteína y aceite).
- Digestibilidad de la energía (EMV).
- Viabilidad de las semillas (Igual poder germinativo).
- Calidad (presencia de micotoxinas).

## Referencias

- <sup>1</sup> Trucksess, MW; Nesheim, S; and Eppley, RM. 1984. Thin layer chromatographic method for deoxynivalenol (DON) vomitoxin in wheat and corn. J.Assoc.Off.Anal.Chem. 67: 40-43.
- <sup>2</sup> AACC 58-15, Free Fatty Acids, in Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, Vol. 2, 9th ed., (American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN). 1995.
- <sup>3</sup> International Seed Testing Association. 2004. International Rules for Seed Testing. Zurich:ISTA. 333p.
- <sup>4</sup> Sibbald, IR. 1976. A bioassay for true metabolizable energy in feeding stuffs. Poult.Sci. 55: 303-308.

## Almacenaje de sorgo en bolsa plástica

Jorge Azcona, Bernardo Iglesias y Alejandro Couretot  
INTA, EEA Pergamino

### Introducción

La producción de sorgo en Argentina es del orden de 3,5 millones de toneladas, de las cuales 2,3 millones se destinan al consumo interno<sup>1</sup>. Por los mismos motivos indicados en el caso de maíz, la conservación de este cereal en bolsas plásticas es una práctica creciente y no se dispone de información local sobre el valor nutricional para aves. Una particularidad es que buena parte del sorgo producido en el país es de alto contenido en taninos, lo cual le confiere ventajas agronómicas pero pérdidas importantes de su valor nutricional para aves y cerdos. Trabajos de Price y Butler<sup>2</sup> mostraron que el proceso de "amonificación", consistente en el agregado de hidróxido de amonio a sorgo humedecido y almacenado en bolsas plásticas, permitió mejorar su valor nutricional. Este resultado se debió a que los taninos reaccionaron con el nitrógeno del amonio, se acomplejaron y no interfirieron con el nitrógeno de los aminoácidos como sucede cuando no se incluye este tipo de aditivos. Esta práctica, si bien efectiva, no se ha difundido por no resultar viable desde el punto de vista económico. El almacenaje en bolsas plásticas permite conservar granos con cierta humedad, condición necesaria para poder incorporar urea y generar liberación de amoníaco que actuaría como "secuestrante" de los taninos. En base a estos antecedentes, se realizaron estudios con aves para determinar el valor nutricional del sorgo conservado en bolsa plástica.

### Materiales y métodos

Se utilizaron sorgos con alto contenido de taninos provenientes de diferentes campañas (2004 a 2006), cosechados con distintos niveles de humedad. El contenido de taninos se determinó por la técnica de Folin-Denis<sup>3</sup>.

Los tratamientos con material húmedo se almacenaron en bolsas de 70 kg. Posteriormente fueron secados al aire antes de ser utilizados. Como control se utilizó el mismo sorgo secado naturalmente y conservado en bolsa de "plastillera" dentro de un galpón.

Se utilizaron pollos parrilleros Cobb's machos, los que se alojaron a piso o en jaulas a razón de 10 a 16 aves por lote. Cada tratamiento contó con 6 replicas distribuidas en un diseño completamente aleatorizado. Semanalmente se controló el peso y consumo de cada lote y se calculó la conversión alimenticia. Se suministró un plan de alimentación de 3 etapas: iniciador hasta los 21 días, crecimiento hasta los 35 días y terminador hasta los 49 días.

En el año 2004 se compararon 4 tratamientos utilizando sorgo cosechado húmedo con 3 meses de almacenaje.

- Sorgo húmedo (28% H°).
- Sorgo húmedo (28% H°) + 2% hidróxido de amonio + 3% agua.
- Sorgo húmedo (28% H°) + 2% urea granulada.
- Sorgo seco natural.

En el año 2005 se compararon 4 tratamientos con sorgo cosechado seco, humedecido por la adición de un 3% de agua y almacenado por 3 meses.

- Sorgo seco natural
- Sorgo húmedo (19% H°).
- Sorgo húmedo (19% H°) + 3% urea granulada.
- Sorgo húmedo (19% H°) + 6% urea granulada.

En el año 2006 se compararon 4 tratamientos con sorgo cosechado seco, humedecido por la adición de un 3% de agua y almacenado por 2 meses.

- Sorgo seco natural
- Sorgo húmedo (17% H°).
- Sorgo húmedo (17% H°) + 1% urea granulada.
- Sorgo húmedo (17% H°) + 2% urea granulada.

En el año 2008 se compararon 5 tratamientos con sorgo cosechado húmedo y almacenado por 5 semanas.

- Sorgo seco natural
- Sorgo húmedo (29% H°).
- Sorgo húmedo (29% H°) + 0,3% urea granulada.
- Sorgo húmedo (29% H°) + 0,6% urea granulada.
- Sorgo húmedo (29% H°) + 1,0% urea granulada.

## Resultados y discusión

### Comparación sorgo seco natural vs. sorgo húmedo en bolsa plástica

En la Tabla 1 figuran los resultados de contenido de taninos expresados como equivalente ácido tánico (% eat).

**Tabla 1.** Contenido de taninos (% eat)

Cosecha	Seco natural	Humedad de almacenaje (%)		
		28	19	17
2004	1,00	1,05		
2005	1,50		1,52	
2006	1,25			1,42
2008	1,26	1,12		

No se observaron cambios en el contenido de taninos debido a las condiciones de almacenaje. En la Tabla 2 figura la relación EMV/EB<sup>4</sup> comparando materiales secos y conservados en bolsas de "plastillera" con materiales con distintos niveles de humedad conservados en bolsas plásticas.

**Tabla 2.** Relación EMV/EB (%)

Cosecha	Seco natural	Humedad de almacenaje (%)		
		28	19	17
2004	81,6	85,1		
2005	81,3		84,1	
2006	81,2			84,4
2008	79,6	84,5		

Para las cosechas 2004, 2006 y 2008 se observó una mejora significativa en la utilización de la energía (EMV/EB) como consecuencia de conservar el sorgo húmedo en bolsa plástica lo que estaría asociado a actividad enzimática que facilitaría la utilización de nutrientes como se indicara también en el caso de maíz<sup>5</sup>. En la Tabla 3 se presentan los resultados zootécnicos.

**Tabla 3.** Peso y conversión alimenticia expresados como diferencia (%) respecto del Control seco natural

Cosecha	Parámetros	Humedad de almacenaje (%)		
		28	19	17
2004	Peso	+1,6		
	Conversión	-0,4		
2005	Peso		+2,9	
	Conversión		=	
2006	Peso			+0,5
	Conversión			-0,3
2008	Peso	+1,4		
	Conversión	0,8		

Se observó un mayor peso y menor conversión particularmente con los materiales conservados con alta humedad siendo las diferencias significativas sólo para peso con humedades de 28 y 19%. Este resultado refleja las mejoras observadas en la utilización de la energía. Con baja humedad (17%) no se observaron mejoras en peso y conversión.

### Comparación sorgo seco natural vs. sorgo húmedo en bolsa plástica, más "secuestrantes" de taninos

En la Tabla 4 figuran los resultados de contenido de taninos.

**Tabla 4.** Contenido de taninos

Cosecha	Tratamientos	Humedad	Taninos
		%	% eat
2004	Seco natural		1,00
	Hidróxido de amonio 2%	28	0,74
	Urea granulada 2%		0,42
2005	Seco natural		1,50
	Urea granulada 3%	19	0,98
	Urea granulada 6%		0,91
2006	Seco natural		1,52
	Urea granulada 1%	17	1,58
	Urea granulada 2%		1,46
2008	Seco natural		1,26
	Urea granulada 0,3%	29	0,63
	Urea granulada 0,6%		0,50
	Urea granulada 1,0%		0,61

Cuanto mayor es el contenido de humedad del sorgo, mayor es la reducción en el contenido de taninos debido a la acción de los "secuestrantes" utilizados. Con 17% de humedad no se observó reducción en el contenido de taninos.

En el Tabla 5 figura la relación EMV/EB de materiales secos naturales conservados en bolsas de "plastillera" y de materiales con distintos niveles de humedad, conservados en bolsas plásticas más la inclusión de "secuestrantes" de taninos.

Tabla 5: Relación EMV/EB

Cosecha	Tratamientos	Humedad		EMV/EB
		%		
2004	Seco natural	28		81,6
	Hidróxido de amonio 2%			86,8
	Urea granulada 2%			86,8
2005	Seco natural	19		81,3
	Urea granulada 3%			85,9
	Urea granulada 6%			85,3
2006	Seco natural	17		81,2
	Urea granulada 1%			81,9
	Urea granulada 2%			84,4
2008	Seco natural	29		79,6
	Urea granulada 0,3%			85,0
	Urea granulada 0,6%			85,7
	Urea granulada 1,0%			86,3

La utilización de la energía (EMV/EB %) mejora debido a la inclusión de "secuestrantes" al grano húmedo, siendo más evidente el efecto con alta humedad.

En la Tabla 6 se presentan los resultados correspondientes a peso vivo y a conversión de todas las experiencias y en la Figura 1 los resultados zootécnicos del año 2008.

Tabla 6. Peso vivo y conversión expresados como diferencia (%) respecto del control seco natural.

Cosecha	Tratamientos	Humedad		EMV/EB	
		%			
2004	Seco natural	28	100	100	
	Hidróxido de amonio 2%			+5,6	-4,4
	Urea granulada 2%			+2,4	-0,5
2005	Seco natural	19	100	100	
	Urea granulada 3%			-1,4	+1,6
	Urea granulada 6%			-3,5	+1,7
2006	Seco natural	17	100	100	
	Urea granulada 1%			-1,0	+1,0
	Urea granulada 2%			-0,2	+2,7
2008	Seco natural	29	100	100	
	Urea granulada 0,3%			+0,9	+0,1
	Urea granulada 0,6%			+2,1	+3,3
	Urea granulada 1,0%			+4,1	+5,1

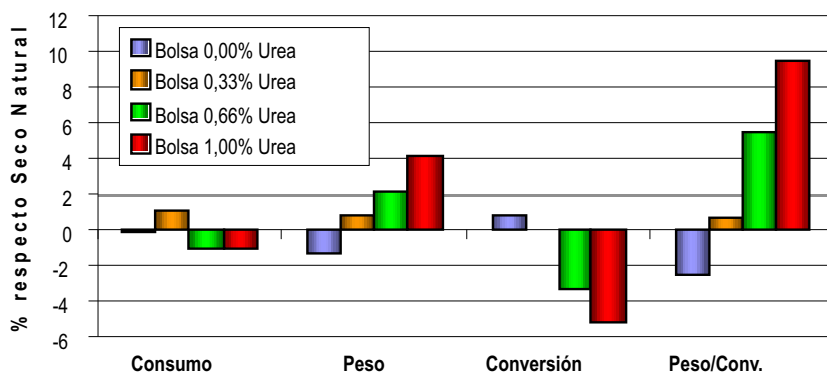


Figura 1. Diferencial respecto de seco natural a los 30 días.



Las dietas elaboradas con sorgo almacenado con 28-29 % de humedad, permitieron un incremento significativo en el peso de 5,6% (2% de hidróxido de amonio) y de hasta 4,1% (1% de urea).

Con dietas con 19% de humedad y 3 o 6% de adición de urea se observó una caída en el peso vivo. Este resultado podría deberse a un exceso de nitrógeno en el organismo del ave, cuya eliminación requiere un gasto de energía extra.

Con menores niveles de urea y baja humedad (17%), no se observan mejoras en la respuesta, probablemente debido a que faltó agua para que la urea reaccione con el tanino, dado que se observaron gránulos de urea sin disolver al finalizar el período de conservación.

Las dietas elaboradas con sorgo almacenado con 28-29 % de humedad permitieron una mejora en la conversión de -4,4% (2% de hidróxido de amonio) y de hasta -5,1% (1% de urea).

Con dietas de 19% de humedad y 3 o 6% de adición de urea se observó una peor conversión. Como se explicó anteriormente, este resultado podría deberse a un exceso de nitrógeno.

Con menores niveles de urea y baja humedad (17%) se observó una tendencia a peor conversión. Probablemente la presencia de urea sin reaccionar, por falta de humedad, debió ser eliminada por el ave representando un mayor costo energético.

### **Conclusiones**

- El almacenaje de sorgo húmedo no modificó el contenido de taninos, no obstante se observó una mejora en la utilización de la energía y en el desempeño de las aves.
- La adición de hidróxido de amonio o urea como "secuestrantes" de taninos provocó una disminución en el contenido de taninos totales, efecto más evidente con altos niveles de humedad (19 - 29 %).
- Con la adición de 2% de hidróxido de amonio o 1% de urea, en condiciones de alta humedad del grano (29%), se mejoró la utilización de la energía y el desempeño de las aves.
- Un exceso de urea, ya sea por utilizar altos niveles de inclusión (3 a 6%) o bajos niveles de humedad del grano (17%) en donde no hubo una solubilización completa de la urea, afectó negativamente el desempeño de las aves.

### **Referencias**

<sup>1</sup>USDA. 2008. Grain: World Markets and Trade. Circular Series. 05-08.

<sup>2</sup>Price, ML; Butler, LG. 1978. Detoxification of high tannins sorghum grain. Nutr.Rep.Int. 17: 229-236.

<sup>3</sup>AOAC 90-81, in Official Methods of Analysis 11th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C. 1970

<sup>4</sup>Sibbald, IR. 1976. A bioassay for true metabolizable energy in feeding stuffs. Poultr.Sci. 55: 303-308.

<sup>5</sup>Pawlik, JR; Fengler, AI; Marquardt RR. 1990. Improvement of the nutritional value of rye by the partial hydrolysis of the viscous water-soluble pentosans following water-soaking or fungal enzyme treatment. Br.Poultr.Sci. 31(3): 525-538.



## Calidad nutricional de maíz almacenado en bolsas plásticas

Jorge Azcona<sup>1</sup>, Marcelo Schang<sup>1</sup>, Alejandro Couretot<sup>1</sup> y Mauricia Sala<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>INTA, EEA Pergamino: Sección Avicultura, <sup>2</sup>Laboratorio Aletehías, Ituzaingó.

### Introducción

La producción mundial de maíz supera las 779 millones de t/año<sup>1</sup>, de las cuales el 70% se destina a la elaboración de alimentos balanceados y el resto a usos industriales<sup>2</sup>.

La producción argentina de aves se incrementó en los últimos 5 años en un 125% alcanzándose un consumo de carne de ave de 28,9 kg/hab/año<sup>3</sup>. Las exportaciones crecieron un 238% llegando a las 210 mil t en 2007<sup>3</sup>

La producción de huevos en 2007 alcanzó los 23 millones de cajones de 30 docenas siendo el consumo de 195 huevos/hab/año. Las exportaciones de huevos alcanzaron la cifra de 1,5 millones de cajones<sup>4</sup>.

Paralelamente la participación del maíz y de proteínas de origen vegetal en las dietas ha crecido un 39% y un 52% respectivamente. Contrariamente, la participación de proteínas de origen animal ha decrecido.

Como consecuencia de este crecimiento, la fabricación de alimentos balanceados consume el 55% del maíz que permanece en el país del cual se estima que en la última campaña el 40% del total se almacenó en bolsas plásticas.

Considerando que no existen estudios sobre el valor nutricional del maíz conservado con este nuevo sistema de almacenaje, se realizaron distintos estudios utilizando aves.

### Materiales y métodos

Con material proveniente de las cosechas 2002 a 2005 se realizaron estudios para determinar el valor nutricional de maíz almacenado en bolsa plástica en función del contenido de humedad y del tiempo de almacenaje. En todos los casos el material utilizado fue producido en INTA.

Para lograr granos con diferentes contenidos de humedad se realizaron cosechas en distintos momentos, incluyéndose un control secado naturalmente en bolsas de malla tipo "media sombra".

Se utilizaron bolsos plásticos de 15 a 20 t con tiempos de almacenaje que oscilaron entre los 3 y 10 meses.

Se determinó calidad comercial, materia seca, proteína, lípidos, acidez<sup>6</sup>, micotoxinas<sup>7</sup> de las cuales se analizaron *Aflatoxinas*, *Ocratoxina*, *Citrinina*, *Zearalenona*, *DON* (*Vomitoxina*), *Toxina T2*, *Fusarenona X*, *Nivalenol* y *DAS* (*Diacetoxycirpenol*), y energía metabolizable verdadera (EMV)<sup>8</sup>. Esta última determinación se realizó utilizando 5 gallos adultos por tratamiento.

Finalmente se realizaron pruebas de crecimiento con pollos parrilleros para validar los resultados obtenidos mediante determinaciones químicas y de EMV.

Se utilizaron pollos parrilleros Cobb's machos, los que se alojaron a piso o en jaulas a razón de 10 a 16 aves por lote. Cada tratamiento contó con 6 replicas distribuidas en un diseño completamente aleatorizado. Semanalmente se controló el peso y consumo de cada lote y se calculó la conversión alimenticia. Se suministró un plan de alimentación de 3 etapas: iniciador hasta los 21 días, crecimiento hasta los 35 días y terminador hasta los 49 días (Tabla 1).

El maíz proveniente de los silos se secó al aire libre hasta alcanzar la humedad del maíz control (14 - 15%) para que no hubiese diferencias en el aporte de materia seca ni riesgos de desarrollo de hongos por alta humedad.

Los resultados fueron evaluados mediante análisis de varianza y test de Duncan<sup>9</sup>.

Tabla 1: Composición de las dietas experimentales (%)

Ingredientes	1 a 21 días	22 a 35 días	36 a 49 días
Maíz	48,31	51,65	58,74
Poroto de soja	27,62	34,36	32,73
Harina de soja	17,45	7,53	2,31
Harina de carne	5,38	5,37	5,19
Conchilla	0,52	0,43	0,41
Metionina	0,20	0,22	0,23
Vitaminas + minerales	0,50	0,45	0,43
Nutrientes			
Proteína (%)	23,0	21,5	19,2
EMV (Kcal/Kg)	3350	3450	3500
Lisina (%)	1,30	1,19	1,02
Metionina + cistina (%)	0,92	0,89	0,84

EMV: Energía Metabolizable Verdadera.

En 2002 se compararon tres tratamientos:

- Material húmedo (19%), almacenado en bolsa plástica.
- Material húmedo (16%), almacenado en bolsa plástica.
- Material secado natural.

El primer control se efectuó en agosto, a los 3 y 5 meses post cosecha (materiales con 16% y 19% de humedad respectivamente). El segundo control se realizó en octubre, a los 5 y 7 meses post cosecha según el nivel de humedad considerado.

En 2003 se compararon tres tratamientos:

- Material húmedo (19%), almacenado en bolsa plástica convencional (20 t).
- Material húmedo (19%), almacenado en bolsa plástica experimental (50 a 60 kg).
- Material secado natural.

Los controles se realizaron a los 4, 6 y 10 meses de almacenaje siendo el último control a fines de enero de 2004 por lo que el silo quedó expuesto a las variaciones de temperatura propias de cada estación.

En 2004 se compararon dos tratamientos:

- Material húmedo (16%), almacenado en bolsa plástica convencional. (20 t)
- Material secado natural.

Los controles se realizaron a los 3 y 10 meses de almacenaje.

En 2005 se compararon dos tratamientos:

- Bolsa plástica convencional sin cobertura.
- Bolsa plástica convencional con cobertura ("media sombra").

Los controles se realizaron a los 10 meses de almacenaje (mayo de 2005).

### Resultados y discusión

Se observó un deterioro de la calidad comercial asociada al contenido de humedad, siendo el peso hectolítrico el parámetro más afectado (Tabla 2).

Tabla 2. Peso hectolítrico

Tiempo meses	Seco Natural 14% H°			Bolsa 16% H°		Bolsa 19% H°	
	2002	2003	2004	2002	2004	2002	2003
Inicial	77,2	75,6	78,0	77,2	78,0	77,2	75,6
3	77,0		78,0	76,5	76,8		
4		75,0					73,4
5	78,2			78,1		76,5	
6			78,4		74,2		
7		76,1				75,0	74,2
10		74,4					73,2

H°: Humedad

El peso hectolítrico de los materiales secados natural no varió en el tiempo, excepto cuando se evaluaron muestras luego de 10 meses de almacenaje donde se observó una caída del peso hectolítrico.

El peso hectolítrico de los materiales conservados en bolsones disminuyó entre 1 y 2 puntos porcentuales y esta caída se produjo dentro de los primeros 3 meses de almacenaje para luego mantenerse estable. En consecuencia, la permanencia de un maíz en grado 1 dependió del peso hectolítrico al momento de ser embolsado. Estudios realizados con bolsas experimentales (50-60 kg) mostraron que, a pesar de comprobarse una caída del peso hectolítrico, las pérdidas de peso fueron mínimas (0,6%) después de 10 meses de almacenaje.

Se observó presencia de granos dañados como consecuencia del proceso de fermentación más que por daño mecánico. También se detectó olor extraño (alcohol), particularmente en el caso de bolsones con mayor humedad, lo que afectó negativamente la calidad comercial.

No hubo cambios en la humedad inicial y final de los silos ni en los contenidos de proteínas, lípidos y acidez luego de tres meses de almacenaje. Los maíces almacenados con alta humedad presentaron un aumento de acidez en función del tiempo de almacenaje de mayor magnitud que la observada en los materiales secados naturalmente (Tabla 3). El aumento de acidez podría ser consecuencia del proceso de fermentación láctica lo que no explica el aumento de acidez observado en el caso del material seco natural del año 2003.

La relación EMV/energía bruta (EB) (EMV/EB) (%) en general disminuyó entre 1 y 2 puntos porcentuales independientemente de la humedad del grano (Tabla 4). Este resultado también fue observado en el caso de maíz conservado en silos tradicionales y es consecuencia del "envejecimiento" del grano.

**Tabla 3.** Acidez (expresada como equivalente ácido oleico %)

Tiempo meses	Seco Natural 14 % H°		Bolsa 16 % H°		Bolsa 19% H°	
	2002	2003	2002	2002	2003	
3	3,7		4,1			
4		2,8			4,7	
5	5,5		7,4	4,3		
6		7,6			19,8	
7				5,4		
10		25,6			50,3	

**Tabla 4.** Relación EMV/EB (%)

Tiempo meses	Seco Natural 14 % H°			Bolsa 16 % H°		Bolsa 19% H°	
	2002	2003	2004	2002	2004	2002	2003
3	91,4		91,1	91,2	91,5		
4		93,4					91,8
5	90,8			91,2		91,7	
6		90,3	89,9		89,8		91,2
7						90,8	
10		90,0					

En la Tabla 5 se muestran con mayor detalle los resultados obtenidos el año 2002 donde se produjo la rotura de algunos de ellos. No se observaron diferencias entre tratamientos en el contenido de EB, energía metabolizable o la relación entre ambas, excepto para el maíz con 19% de humedad correspondiente al silo roto. En este caso se observó un incremento en el contenido de energía metabolizable de 146 kcal/kg. Dicho incremento fue debido, principalmente, a un aumento en la utilización de la EB de 2,8 puntos. Existen antecedentes similares<sup>10</sup> que muestran que en condiciones de aerobiosis, la actividad microbiana modifica las proporciones de los distintos nutrientes (disminución de almidón) modificando el contenido de EB y/o facilitando la utilización de la misma.

De todas maneras, este resultado no implica obtener una ventaja, por el contrario, este silo tuvo que ser descartado dado que hubo un deterioro importante de la calidad comercial y aparición de micotoxinas.

**Tabla 5.** Contenido de EMV (base seca)

Tratamiento (% humedad)	Meses de Almacenaje	EB	EMV		EMV/EB %
			kcal/kg		
19 %	4 (silo roto)	4588	4294 – 18 a		93,6
	5 (silo sano)	4557	4180 – 58 b		91,7
16 %	3 (silo roto)	4548	4176 – 46 b		91,8
	3 (silo sano)	4544	4145 – 74 b		91,2
Seco Natural	3	4538	4150 – 21 b		91,4

Media  $\pm$  desvío estándar. Medias con distinta letra dentro de una columna difieren significativamente ( $p < 0,05$ ).

En el caso del silo roto con 16% de humedad se procedió a reparar las roturas y continuar con la toma de datos dado que no se observaron cambios importantes en su calidad. No obstante, luego de 5 meses de almacenaje al suministrarse alimento elaborado con maíz de 16% de humedad proveniente de dicho silo se observó un menor crecimiento (-4,2%) y peor conversión (0,9%) comparado con el tratamiento a base de maíz seco natural (Tabla 6).

**Tabla 6.** Resultados zootécnicos (49 días)

Tratamiento (% humedad)	Meses de Almacenaje	Peso Vivo g	Dif. %	Conversión	Dif. %
19 %	7 (silo sano)	2961 a	3,1	1813	-1,0
16 %	5 (silo roto)	2751 c	-4,2	1850	0,9
	5 (silo sano)	2908 ab	1,2	1821	-0,6
Seco Natural	5	2871 b		1832	
CV (%)	--	2,5		2,0	

Dif.: Diferencia porcentual respecto del material seco natural. Medias dentro de una columna con distinta letra difieren significativamente ( $p < 0,05$ ).

Esta respuesta se debería a la presencia de micotoxinas, lo que condujo a un menor consumo de alimento (-3,4%). En esta oportunidad se detectaron *Aflatoxina B1* (22 ppb) y *Fusarenona X* (500 ppb).

En cambio, los pollos alimentados con maíz almacenado con 19% de humedad y conservado en óptimas condiciones (silo sano), crecieron un 3,1% más que los pollos alimentados con maíz seco natural y tuvieron una mejor conversión alimenticia (-1%). Estas ventajas fueron de menor magnitud en el caso del silo sano con 16% de humedad (Tabla 6).

Este resultado podría estar asociado a una movilización de nutrientes originada por la actividad enzimática que se desarrolla en condiciones de humedad como fuera reportado en el caso de estudios realizados con centeno remojado (una parte de grano - una parte de agua) y almacenado en bolsas plásticas cerradas durante 144 hs<sup>11</sup>. Esta "pre digestión" permitiría una utilización más rápida del alimento y en consecuencia un mayor consumo sin que se produzcan cambios en términos de concentración de nutrientes como proteína y energía metabolizable.

En la Tabla 7 se presenta una síntesis de los resultados correspondientes a las 7 pruebas de crecimiento realizadas entre 2002 y 2004. Los mismos se expresan como diferencias (%) respecto del material seco natural.

**Tabla 7.** Resultados zootécnicos

Año	Tiempo Almacenaje meses	Duración Ensayo días	Humedad %	Peso Dif. %	Conversión Dif. %
2002	5	49	16	1,2	-0,6
	7	49	19	3,1	-1,0
2003	4	49	19	1,9	-1,6
	6	42	19	3,6	-1,7
	10	44	19	-0,8	2,9
2004	3	35	16	-3,0	0,4
	6	49	16	-1,3	-0,2

Dif.: Diferencia (%) respecto del material seco natural.

Las mejoras en crecimiento y conversión observadas en 2002 con maíces ensilados con 19% de humedad también se repitieron en 2003, excepto cuando el tiempo de almacenaje fue de 10 meses. En este último caso, el silo sufrió los cambios de temperatura propios de la primavera – verano situación que afectó negativamente el valor nutricional del maíz.

En 2004 los resultados fueron adversos debido a que en el bolsón se produjeron micotoxinas durante

el almacenaje (*Aflatoxina B1*: 28 ppb, *Citrinina*: 20 ppb y *Fuseranona*: 500 ppb) por roturas en pliegues causadas por roedores.

En el Tabla 8 figuran los resultados correspondientes al estudio sobre protección con "media sombra" realizado en 2005.

**Tabla 8.** Efecto de la cobertura sobre la calidad comercial y valor nutricional del maíz conservado en bolsa plástica

Parámetros	Tratamientos		
	Sin cobertura	Con cobertura	Seco Natural
Peso hectolítrico	74,0	75,2	77,2
Granos dañados (%)	5,3	5,1	11,4
Acidez (eao)	12,6	14,2	9,2
EMV/EB (%)	91,9	93,6	93,3
Consumo (g)	2523 b	2632 a	----
Peso (g)	1716 b	1785 a	----
Conversión	1,469 a	1,474 a	----

(eao): equivalente ácido oleico. Medias con diferente letra en una misma fila difieren significativamente ( $p < 0,05$ )

El empleo de cobertura ("media sombra") utilizando maíz almacenado con 14 - 15% de humedad durante 10 meses redujo la caída del peso hectolítrico lo que permitió mantener el material dentro de Grado 1. Por el contrario, el maíz almacenado sin cobertura tuvo una pérdida de peso hectolítrico mayor pasando a Grado 2. El porcentaje de granos dañados fue menor en los maíces conservados en bolsa plástica respecto del control seco natural, probablemente debido a que no hubo daño por insectos. La acidez de los materiales embolsados fue mayor respecto del control secado naturalmente. La relación EMV/EB (%) fue similar entre maíz conservado con cobertura (93,6) y control seco natural (93,3), en cambio, dicha relación en el caso del maíz sin cobertura fue menor (91,9). Los pollos que recibieron el maíz embolsado con cobertura crecieron un 6% más que los pollos que recibieron maíz embolsado sin cobertura.

### Conclusiones

- El maíz almacenado en bolsa plástica mostró en todos los casos una caída del peso hectolítrico de 1 a 2 puntos lo que afectó la calidad comercial, dependiendo del peso hectolítrico inicial. Esta caída en el peso hectolítrico no implicó una pérdida de peso importante, registrándose una merma de solo el 0,6% luego de 10 meses de almacenaje.
- A mayor humedad de almacenaje, mayor riesgo de pérdida de calidad comercial y valor nutricional, particularmente si hay roturas en el bolsón.
- Maíces ensilados con 19% de humedad mostraron una mejora en el valor nutricional y consecuentemente en el desempeño de las aves cuando no hubo roturas del bolsón. Como contrapartida se observó una caída de la calidad comercial por menor peso hectolítrico y olor a alcohol. Cuando la humedad de almacenaje fue de 16% las mejoras en la respuesta zootécnica fueron de menor magnitud.
- El empleo de "media sombra" como cobertura durante 10 meses permitió mantener la calidad comercial del grano y lograr un mejor desempeño de los pollos comparado con la opción de no utilizar cobertura.
- Es indispensable evitar roturas o debilitamiento del conjunto de membranas que conforman este tipo de silo para mantener la calidad comercial y el valor nutricional del maíz.
- La principal causa de pérdida en la respuesta zootécnica de los pollos es debida a la formación de micotoxinas cuando no se aseguran condiciones de anaerobiosis.



En síntesis, para evitar pérdidas de calidad comercial y valor nutricional se debe tener en cuenta el contenido de humedad y tiempo de almacenaje del grano con la condición que no se produzcan roturas en el bolsón.

### Referencias

- <sup>1</sup> USDA. 2008. Grain: World Markets and Trade. Circular Series. 05-08.
- <sup>2</sup> USDA. 2001. World Agricultural Supply and Demand Estimates. WASDE 279.
- <sup>3</sup> Lamelas, K; Mair, G; Beczkowski, G. 2008. Evolución del Sector Avícola Año 2007, Perspectivas 2008. Boletín Avícola, 51:1.
- <sup>4</sup> Centro Empresas Procesadoras Avícolas (CEPA). 2007. Curso de Especialización en Producción Avícola, Luján.
- <sup>5</sup> Cámara Argentina Productores Avícolas (CAPIA). 2007. Curso de Especialización en Producción Avícola, Luján.
- <sup>6</sup> AACC 58-15, Free Fatty Acids, in Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, 9th ed. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN. 1995.
- <sup>7</sup> Trucksess, MW; Nesheim, S; and Eppley, RM. 1984. Thin layer chromatographic method for deoxynivalenol (DON) vomitoxin in wheat and corn. J.Assoc.Off.Anal.Chem. 67: 40-43.
- <sup>8</sup> Sibbald, IR. 1976. A bioassay for true metabolizable energy in feeding stuffs. Poultr.Sci. 55: 303-308.
- <sup>9</sup> Snedecor, GW; Cochran, WG. Statistical Methods, 6th ed. Ames: Iowa State University Press. 1967.
- <sup>10</sup> Azcona JO; Schang, MJ. 1998. Uso de "EUROMOLD L - PLUS" para la conservación de maíz. Acuerdo INTA - EUROTEC.
- <sup>11</sup> Pawlik, JR; Fengler, AI; Marquardt RR. 1990. Improvement of the nutritional value of rye by the partial hydrolysis of the viscous water-soluble pentosans following water-soaking or fungal enzyme treatment. Br.Poultr.Sci. 31(3): 525-538.



- **Entre Ríos. EEA Concepción del Uruguay:**

- Arroz
- Tecnología específica

## Conservación de arroz en bolsas plásticas a humedad base cámara

Pozzolo, O.<sup>1</sup>; Hidalgo, R.<sup>2</sup>; Ferrari, H.<sup>1</sup>; Curró, C.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>EAA INTA Concepción del Uruguay <sup>2</sup>F. C. A., UNEE, Corrientes.

### Introducción

La República Argentina es un país con un claro e histórico perfil de producción agropecuaria donde la agricultura cumple un rol importante en el aporte al Producto Bruto Interno (PBI), a través de una trascendental producción granaria (Bolsas de cereales 2005). En la actualidad el mercado de granos ha sufrido una marcada evolución debido a diferentes motivos y circunstancias, entre los cuales se puede citar el incremento en la decisión del productor de retener los granos en su propio campo permitiéndole obtener mejores precios al momento de la comercialización, la mayor diversidad de los mercados, la mayor concientización en mejorar la calidad de grano y la necesidad de transformar los granos en alimentos (Casini, C. y Rodríguez, J.C. 2005).

Ante esta situación, la conservación de granos enfrenta el desafío de aplicar una adecuada estrategia de postcosecha, con la tecnología necesaria para conservar los granos almacenados con calidad (Casini 2002).

El incremento de la producción nacional ha pasado de 30 millones de toneladas de granos producidos en la década del 90 a las 83 millones de t producidas en la campaña 05, ocasionando una limitante en la capacidad de almacenamiento. Según estudios de Rodríguez et al 2002, remarcan la deficiencia de almacenamiento señalando que para 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 era de 43 millones de toneladas, existiendo un déficit de almacenaje de 5 millones de toneladas. Esta situación crítica se agudiza al saber que 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 (Rodríguez, J. y Bartosik, R. 2000).

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 la conservación de grano húmedo para almacenar granos secos. Según Carluccio et. al. 2002, a partir de 1999, las películas plásticas son utilizadas, también con sorprendente desarrollo, en la conservación de 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 (O<sub>2</sub>) generando dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>). La constitución de esta nueva atmósfera, rica en CO<sub>2</sub> y pobre en O<sub>2</sub>, 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 (Casini, C. 2002).

En la actualidad, más del 20% de los granos producidos en el país se conservan en bolsas plásticas.

Como ventajas del almacenamiento de granos en bolsas plásticas (conservación en atmósfera modificada), al compararlo con el almacenamiento en silos metálicos, celdas, silo-mallas de alambre (con-

servación en atmósfera normal), se pueden citar que es un sistema económico y de baja inversión ([www.bccba.com.ar/bcc/](http://www.bccba.com.ar/bcc/)), la práctica de embolsar los granos 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., el almacenamiento de granos de manera diferenciada separando granos por calidad, variedad, etc., el almacenaje de los granos en el mismo lote de producción, haciendo más ágil la cosecha, cosechar en momentos en que no se puede sacar la producción del campo por falta de caminos, posibilidad de obtener créditos sobre la mercadería guardada, sistema flexible para los acopios que les permite incrementar su capacidad de almacenaje según las necesidades que tengan en un año en particular, la inactivación de desarrollo de hongos e insectos debido al almacenamiento en una atmósfera rica en CO<sub>2</sub> y prácticamente nula en O<sub>2</sub>.

La principal desventaja de este sistema de almacenamiento es la posibilidad de ruptura de la bolsa lo que ocasionaría el ingreso de O<sub>2</sub> provocando el desarrollo de hongos, insectos, aumento de humedad y temperatura perjudicial para una buena conservación de los granos.

Además, otras desventajas serían la alta superficie expuesta, los riesgos climáticos que pueden causar roturas de las bolsas, y la presencia de roedores, causantes de roturas de bolsa con el consecuente deterioro de la mercadería conservada por presencia de O<sub>2</sub> y cambios bruscos de temperatura y humedad.

Uno de los parámetros de mayor incidencia en la calidad del grano en la comercialización del arroz es el porcentaje de grano quebrado, siendo las variaciones de humedad y temperatura los factores que inciden directamente en el incremento de este parámetro. (Tolaba, M. et al 1997)

El objetivo del presente trabajo es determinar la calidad de arroz seco, a humedad base cámara de conservación (promedio de 12,5%) conservado en bolsas plásticas por medio de determinaciones de humedad, temperatura y rendimiento industrial.

### **Materiales y métodos**

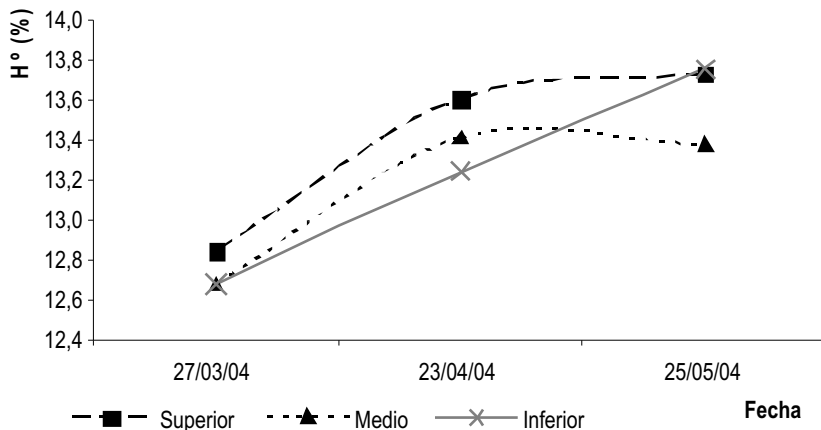
En la Cooperativa Arrocería Villa Elisa, en el departamento Colón, provincia de Entre Ríos y en la zona de Ita Ibaté provincia de Corrientes, se realizaron ensayos almacenando granos de arroz en bolsas plásticas con humedad promedio de 12,5%.

El ensayo comenzó el 27 de marzo, en el momento de cosecha del grano y se extendió durante 60 días. Se confeccionaron dos bolsas de 9 pies en las cuales se realizaron extracciones de muestras de arroz cada 15 días en la parte inicial, zona media y final de la bolsa en tres lugares, 30 cm por debajo del lomo de la bolsa, parte media y 30 cm por encima de la parte basal. Las muestras fueron llevadas a laboratorio donde se determinaron porcentaje de humedad, temperatura, y luego de secadas mediante estufas se determinaron el porcentaje de granos enteros.

El análisis estadístico fue hecho mediante un ensayo completamente aleatorizado realizándose determinaciones de varianza.

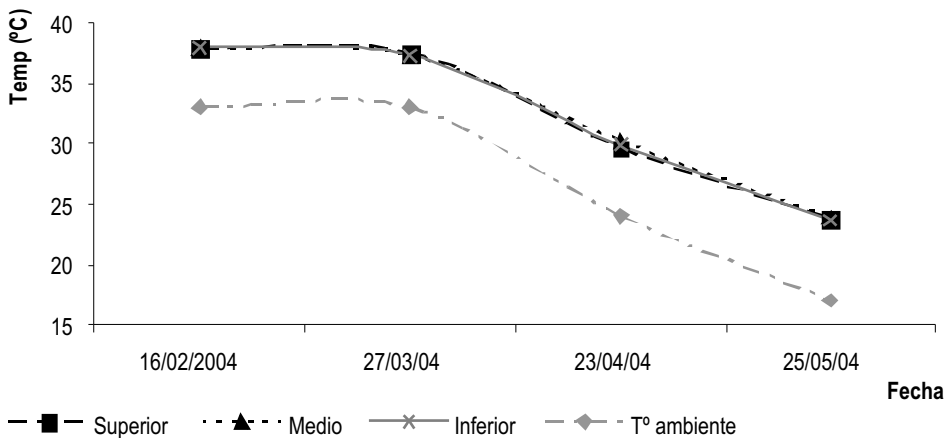
### **Resultados y discusión**

Al observar la variación de humedad (Figura 1), se registra un aumento significativo ( $p < 0,05$ ) durante el primer mes hasta 13,2%, para luego estabilizarse durante el lapso del segundo mes.



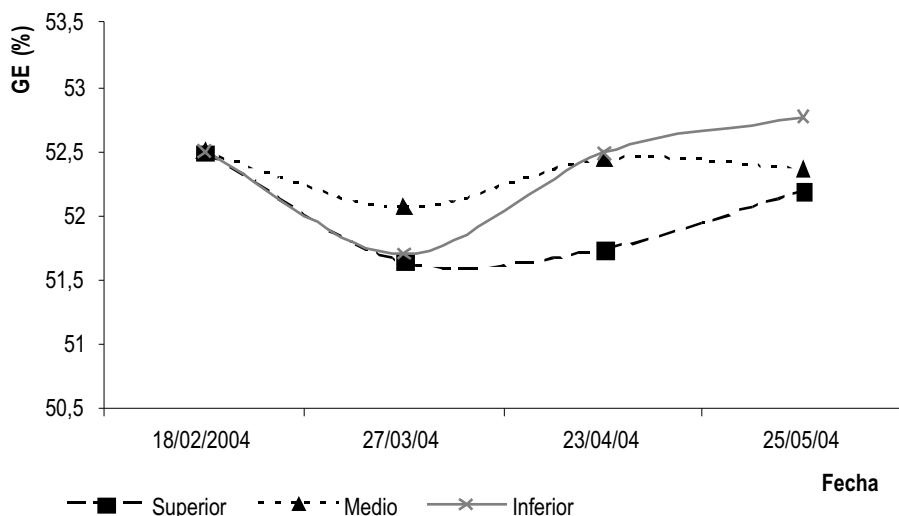
**Figura 1.** Evolución de la humedad del grano de arroz almacenado en bolsas plásticas con 12,5 % de humedad.

Este aumento de humedad podría deberse a que el grano, debido a la época de cosecha, ingresó a la bolsa con alta temperatura (entre 35 y 40 °C), con lo que, al existir una atmósfera confinada, y al ir produciéndose un descenso paulatino de la temperatura, puede haberse producido un nuevo equilibrio entre la humedad relativa del aire (HR), la temperatura del grano (TG) y la humedad del grano (HG), para luego estabilizarse. Al observar la TG dentro de la bolsa (Figura 2), se registra una diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) entre ésta al ingreso de la bolsa (37,4 °C) y la TG registrada a los 30 y 60 días. Este descenso en la temperatura del grano responde a las variaciones de la temperatura ambiente, la que descendió durante el intervalo marzo – abril, situación similar a la descrita en otros trabajos de grano en atmósfera controlada (Casini, C. et. al. 2003).



**Figura 2.** Evolución de la temperatura del grano de arroz almacenado en bolsas plásticas, en comparación con la temperatura ambiente.

Con respecto a las variaciones en calidad de grano, tomando como tal el porcentaje de grano entero, no se registran diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) en el lapso de los 97 días que duró el estudio de embolsado (Figura 3), lo que indica la viabilidad de esta técnica para conservar grano de arroz cercano a la humedad de base de recibo.



**Figura 3.** Evolución del porcentaje de grano entero de arroz durante el tiempo de almacenamiento en bolsa plástica.

### Conclusiones

Los cambios de temperatura del grano conservado en bolsas plásticas son similares a los cambios de la temperatura ambiente.

La humedad de la masa granaria dentro de la bolsa plástica, varía hasta producirse un nuevo equilibrio entre humedad relativa, temperatura y humedad del grano ( $HR^{\circ}-T^{\circ}-H^{\circ}Gr$ ), para luego estabilizarse.

Los análisis de calidad de grano confirman que un arroz seco base cámara (humedad de 13%) puede conservarse por 60 días sin problemas de pérdidas de calidad.

### Referencias bibliográficas

- 1 - Carluccio, C.; Bragachini, M.; Martínez, E. Los Plásticos y la Conservación de Forrajes y Granos en la República Argentina. pp 12. <http://www.agriculturadepresión.org>
- 2 - Casini, C. 2002. Guía para almacenar grano en bolsas plásticas. Información técnica Proyecto eficiencia de cosecha y postcosecha de grano. INTA Manfredi. 4 pp.
- 3 - Casini, C.; Clemente, G.; Pagliero, M.; Quartucci, J. 2003. Efecto de la temperatura exterior sobre la atmósfera interior del sistema silo – bag durante el almacenamiento de granos. Disponible en <http://www.agriculturadepresión.org>
- 4 - Casini, C. y Rodríguez, J.C. 2005. Atmósfera modificada. Cit in SOJA. Eficiencia de Cosecha y Postcosecha. Manual Técnico N°3. Ed. M. Bragachini y C. Casini. P 219-229.
- 5 - Rodríguez, J. y Bartosik, R. 2000. Almacenaje de granos en bolsas plásticas. Ensayo de simulación. EEA INTA Balacarne. Informe interno. Inédito.
- 6 - Tolaba, M.; Aguerre, R. Y Suarez, C. 1997. Modeling Cereal Grain Drying with Variable Diffusivity. American Association of Cereal Chemists, Inc. Vol 74, N° 6, p 842 - 845





## Conservación de arroz a diferentes humedades en bolsas hermeticas. Efecto de la media sombra

Pozzolo, O.<sup>1</sup>; Hidalgo, R.<sup>2</sup>; Ferrari, H.<sup>1</sup>; Curró, C.<sup>1</sup>

<sup>(1)</sup>EEA INTA Concepción del Uruguay, E. Ríos, <sup>(2)</sup>F. C. A., UNEE, Corrientes.

### Introducción

La necesidad de conservar los granos, tranqueras adentro, ha ido en aumento en los últimos años (Casini 2005). Una alternativa para la conservación de granos es la utilización de bolsas plásticas herméticas, que comparado con el tradicional sistema de conservación (silos metálicos, celdas, silos de mallas) presenta las ventajas de ser tanto, un sistema económico y de baja inversión (Rodríguez et al. 2002), además de ser un sistema de conservación en atmósfera modificada produciéndose un incremento en la concentración de CO<sub>2</sub> con una marcada disminución del O<sub>2</sub> lo cual causa inactivación, o reduce la capacidad de reproducción y/o desarrollo de insectos y hongos, como así también la propia actividad del grano, facilitando su conservación (Clemente 2002). En Arkansas, USA, se almacena arroz a 12-13% de humedad en celdas planas de 18000 m<sup>3</sup> 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 CO<sub>2</sub> y pobre en O<sub>2</sub>, inhibiendo la actividad de insectos y microorganismos.

Otra ventaja interesante para utilizar esta tecnología, es la posibilidad de incrementar los ingresos por parte del productor. 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. (Rodríguez et al. 2002).

Existen estudios de conservación de trigo a distintas humedades Casini (1996), realizó ensayos en laboratorio almacenando granos de trigo en bolsas plásticas herméticas con humedad de 12, 14 y 16% concluyendo que 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% con 16% de humedad, mientras que 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. 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.

El incremento de la producción de arroz debido a un aumento en la superficie sembrada y de los rendimientos por hectáreas, producido en los últimos años, causó un inconveniente en el secado ocasionando saturaciones en las secadoras debido a la lentitud ya que la disminución de humedad está en el orden del 1% por hora.

Una alternativa para subsanar este inconveniente es almacenar arroz húmedo durante un cierto tiempo permitiendo tanto, descomprimir las plantas de secado como obtener un incremento en las ganancias del productor al poder retener los granos en el campo a la espera de mejores precios.

En la bibliografía consultada no existen datos de conservación de arroz a distintas humedades en bolsas plásticas, por lo que es de interés realizar ensayos para saber la factibilidad de almacenamiento en estas condiciones.

El objetivo del presente trabajo, es determinar el tiempo de almacenamiento de arroz acopiado a distintas humedades en sistema bolsas plásticas sin que se vea afectada la calidad del grano y el efecto de la media sombra sobre las variables de humedad, temperatura y rendimiento industrial.

### **Materiales y métodos**

En la planta de acopio de la empresa Calimboy en la localidad de Ita-Ibaté, departamento Berón de Astrada, en la provincia de Corrientes, se llevaron a cabo los ensayos de almacenamiento de arroz en bolsas plásticas a distintas humedades. Se confeccionaron dos bolsas de 9 pies con arroces a 17,5 y 20,5% de humedad respectivamente.

La bolsa con humedad del grano de 17,5% se confeccionó el 23 de abril, finalizando el ensayo a fines de junio y el arroz con 20,5% de humedad fue almacenado el 2 de mayo, por un período superior a 30 días finalizando el 7 de junio.

Se colocó la cobertura con media sombra, cubriendo una parte del silo.

Se realizaron extracciones de muestras de arroz, promedio cada 7 días para el silo de 17,5% de humedad y promedio cada 3 días para el silo de 20,5% de humedad, al inicio, zona media y final de la bolsa en tres lugares: 30 cm por debajo del lomo de la bolsa, parte media y 30 cm por encima de la parte basal de la bolsa.

Las muestras fueron llevadas a laboratorio donde se determinaron porcentaje de humedad, temperatura y luego de secadas mediante estufas y pasadas por molinillo de laboratorio se determinaron el porcentaje de granos enteros.

El análisis estadístico fue hecho mediante un ensayo completamente aleatorizado, realizándose determinaciones de varianza.

### **Resultados y discusión**

Al analizar el silo con 17,5% de humedad, se observó que durante el mes de abril, se registró poca variación térmica entre temperatura del grano y ambiente (Figura 2), lo que disminuyó la posibilidad de la ocurrencia de condensaciones. Sin embargo, cuando se analizan los datos del mes siguiente de almacenado, se detectan diferencias entre los valores inferiores y superiores de la bolsa a pesar de la escasa amplitud térmica, encontrándose mayores porcentajes de humedad en la parte superior de la bolsa y menores en la parte inferior (Figura 1 y Tabla 1). Posiblemente, ello se deba a una migración de humedad en forma interna dentro de la bolsa, con influencia de la temperatura externa.

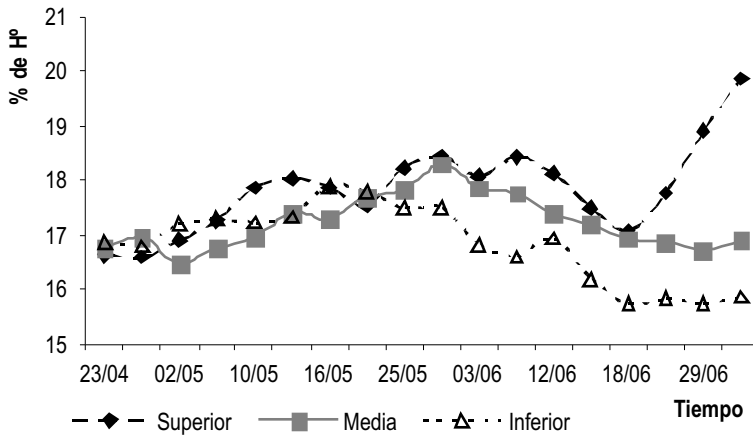


Figura 1. Evolución de la humedad del grano de arroz almacenado en bolsas plásticas con 17,5% de humedad.

Tabla 1. Humedad relativa promedio en el interior de la bolsa, durante el almacenaje, según posición y amplitud térmica promedio mensual.

Meses	Superior	Media	Inferior	Amplitud térmica
Abril	16,62 a	16,87 a	16,83 a	12,5
Mayo	17,77 a	17,34 a	17,47 a	10,1
Junio	18,22 a	17,21 ab	16,22 b	10,75

Análisis estadístico realizado para cada mes en forma independiente. Números seguidos de letras iguales no presentan diferencia estadísticas  $p < 0,05$ .

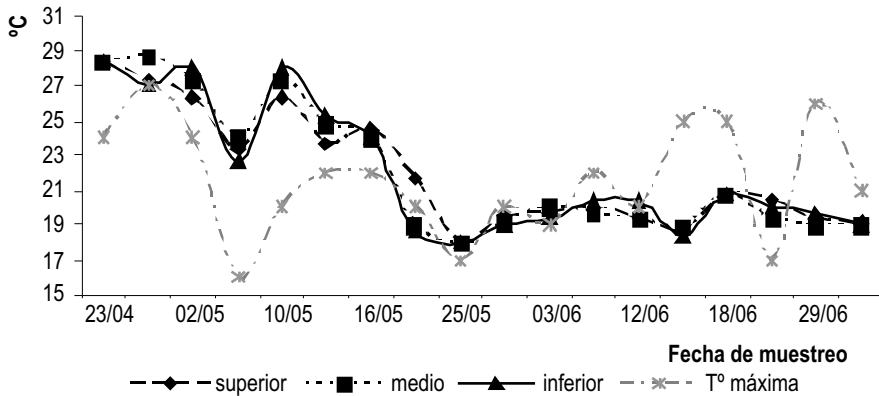
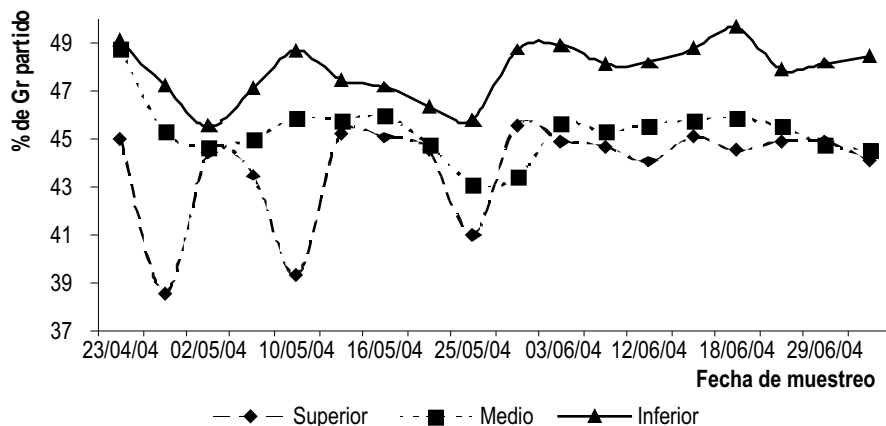


Figura 2. Evolución de la temperatura del grano de arroz embolsado y temperaturas ambiente máximas.

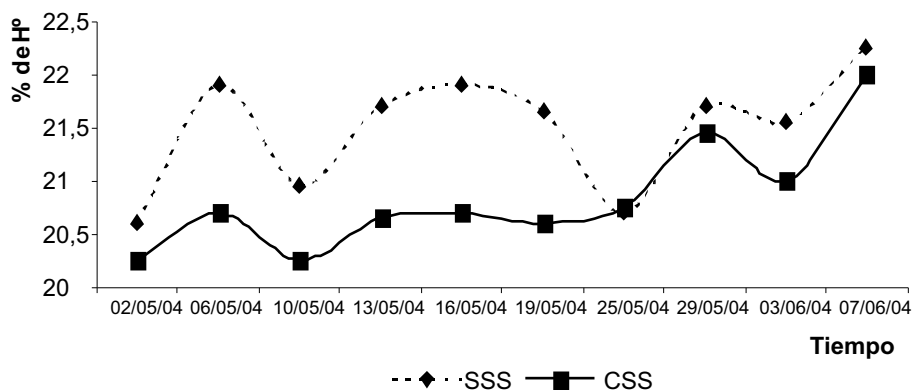
Al analizar estadísticamente la variación de temperatura, dentro de la bolsa, no se encuentran diferencias significativas entre los distintos estratos de la bolsa ( $p > 0,05$ ). A su vez, se observa que la masa total de granos va copiando la temperatura ambiente, pero sin responder a los cambios bruscos de temperatura, sino que responde a ellos con cambios suaves y constantes (Figura 2). Este comportamiento se condice con las características de aislante térmico, atribuidas a la cáscara de arroz, es relevante tener en cuenta que este grano es almacenado, a diferencia de otros, con su cáscara.

Al considerar los porcentajes de grano partido, se encuentra una diferencia estadísticamente significativa ( $p < 0,05$ ), en el estrato inferior de la bolsa, con mayor porcentaje de rotura respecto a la parte media y superior que no difieren entre sí. Por otra parte, los datos muestran una tendencia constante (Figura 3), durante todo el período del ensayo por lo que, posiblemente, además del efecto de diferencia de humedad, el grano puede haber sufrido un proceso de estratificación al momento del embolsado, derivado del funcionamiento del sinfín de alimentación con daños al grano.



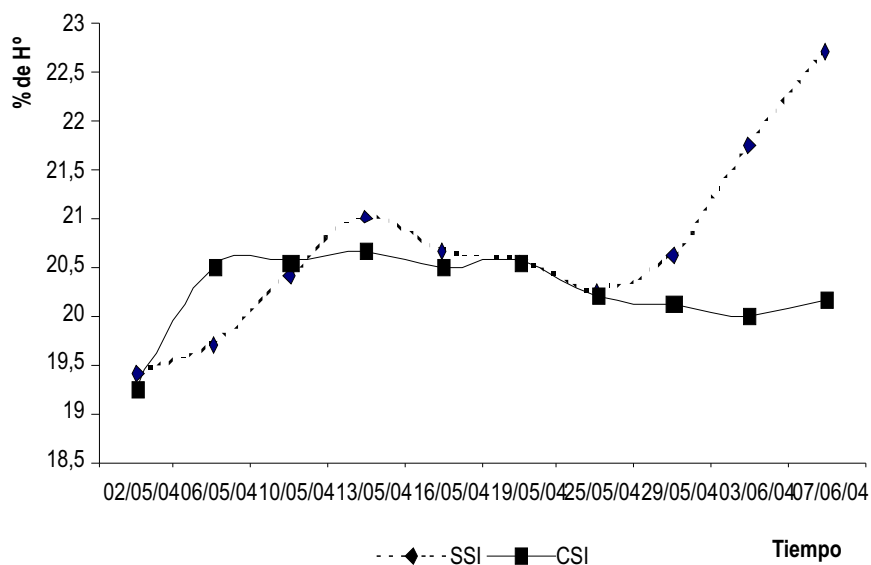
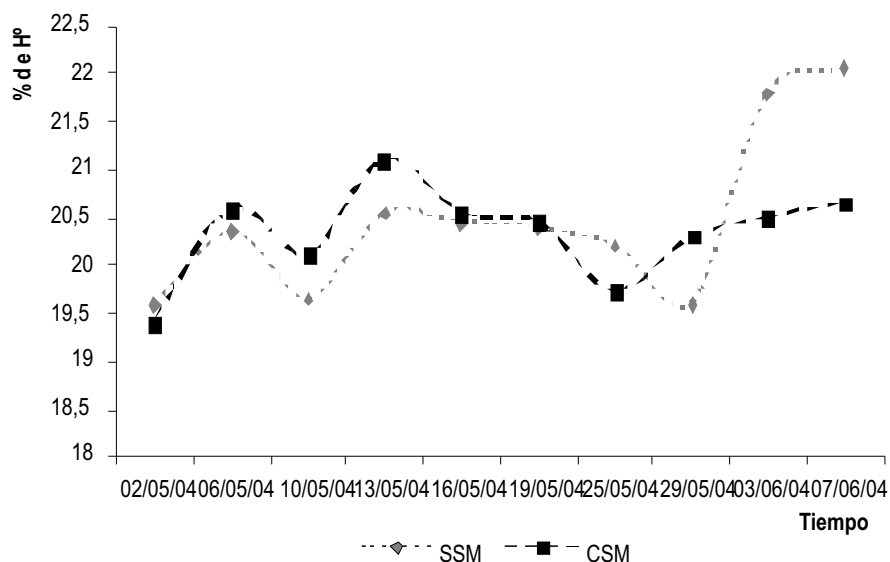
**Figura 3.** Evolución del porcentaje de grano quebrado de arroz durante el tiempo de almacenado en la bolsa.

Con respecto a las observaciones realizadas en el silo con 20,5% de humedad, se observa que en el nivel superior de la bolsa hay una mayor variabilidad (amplitud térmica), correspondiendo con el sector más expuesto (Figuras 6 y 7). En cuanto a la humedad, se puede observar que ésta es significativamente mayor en el estrato superior, al no usar media sombra (SSS) hasta el 20 de mayo aproximadamente (Figura 4), comportándose sin diferencias entre ellas a partir de esa fecha, coincidentemente con los menores registros de temperatura ambiente (Figura 6).



**Figura 4.** Evolución de la humedad en el estrato superior (S) de la bolsa con (CS) y sin media sombra (SS).

Cuando se analiza el efecto de la media sombra en el estrato medio e inferior (Figura 5), se observa que no existen diferencias significativas, esto se debe posiblemente a que el efecto de la media sombra actúe principalmente sobre el tercio superior de la bolsa, mayormente expuesto a la acción del sol.



**Figura 5.** Evolución de la humedad en los estratos medio (M) e inferior (I) de la bolsa con (CS) y sin media sombra (SS).

La temperatura no muestra en ninguna situación diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) por el uso de la media sombra. Sin embargo se comporta de manera semejante al silo de 17,5% de humedad, en el sentido de mostrar una tendencia similar a las variaciones de la temperatura del aire externo, por lo menos hasta aproximadamente los primeros quince días de confeccionado, para luego presentar una tendencia a alcanzar un equilibrio entre temperatura interna y externa (Figuras 6 y 7).

Esta situación, contradictoria respecto a los valores de humedad registrados, se deba probablemente al instrumental utilizado. La temperatura no fue tomada en forma automática y constante, sino aproximadamente cada tres días a la misma hora. Esta situación impidió registrar las oscilaciones diarias y no encontrar variaciones como en otros trabajos (Annis, P.C. 1986).

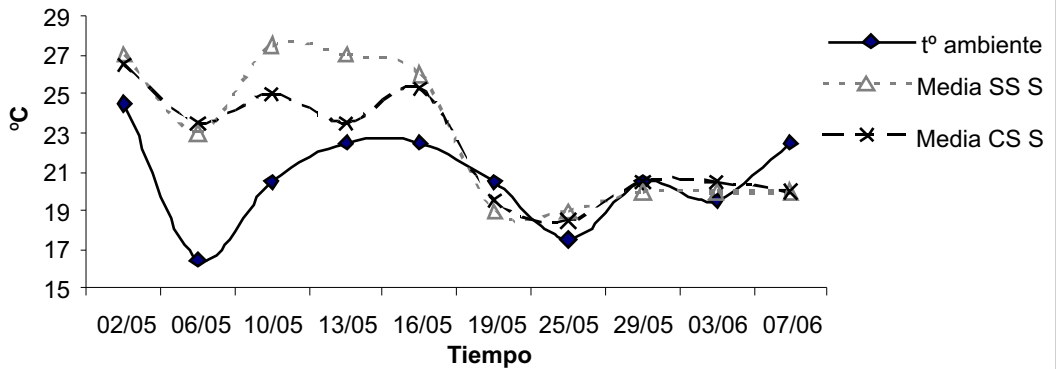


Figura 6. Evolución de la temperatura de los granos de arroz en el estrato superior de la bolsa con (CS S) y sin (SS S) media sombra.

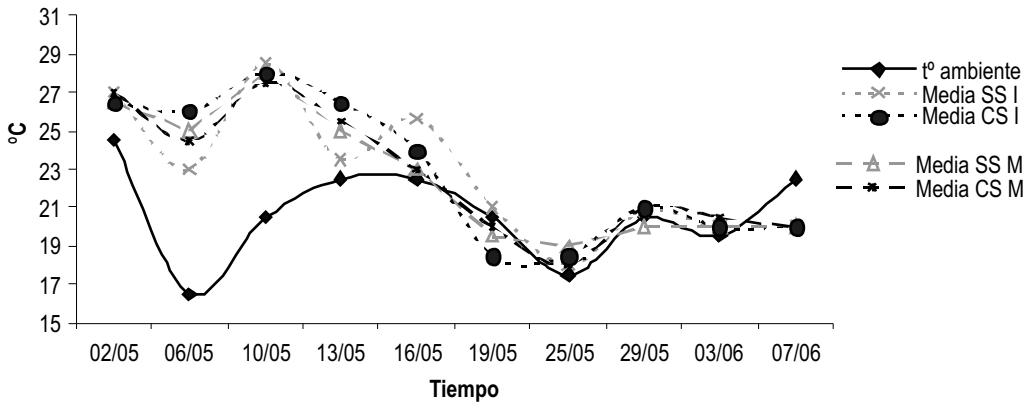


Figura 7. Evolución de la temperatura media del grano de arroz en el estrato medio (M) e inferior (I) de la bolsa con (CS) y sin (SS) media sombra.

Con respecto al comportamiento del grano entero, principal parámetro en la determinación del precio de venta, se verificó que no existe diferencia significativa entre el tratamiento con o sin media sombra aún en el estrato superior el más afectado por insolación (Figura 8), en los estratos medios e inferior tal como era de esperar tampoco se observaron efectos del tratamiento (Figura 9). Esta situación, posiblemente sea debida a las escasas variaciones térmicas registradas durante los meses en que se realizó el ensayo, lo que pudo haber provocado que el uso de la media sombra no presente las ventajas esperadas.

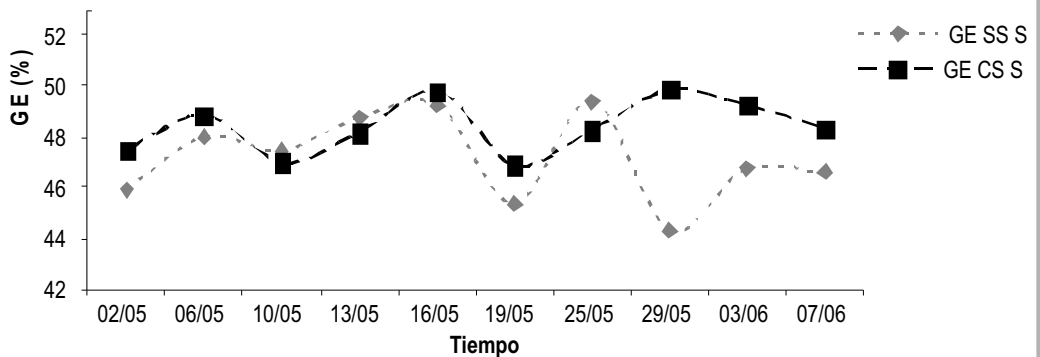
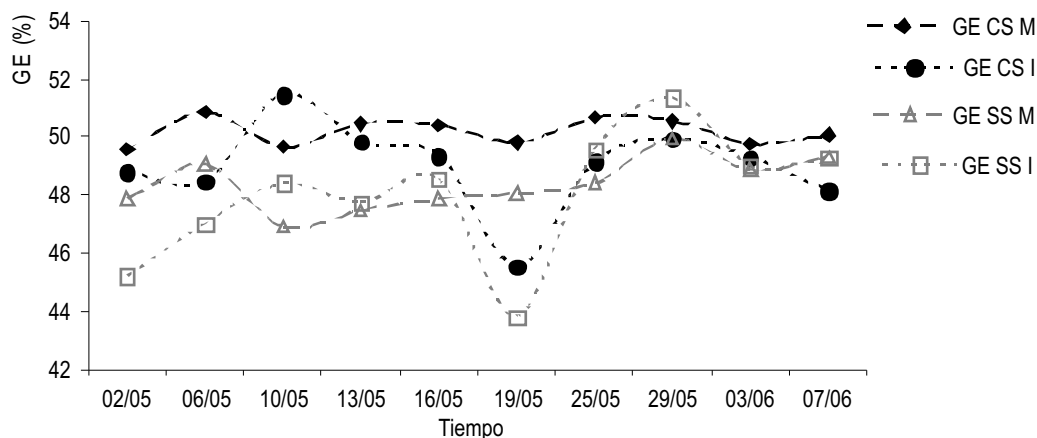


Figura 8. Evolución del porcentaje de grano entero con (GE CS S) y sin media sombra (GE SS S) en el estrato superior de la bolsa.



**Figura 9.** Evolución del porcentaje de grano entero con (GECS) y sin media sombra (GESS) en los estratos medio (M) e inferior (I).

### Conclusiones

Los resultados indican que el grano de arroz almacenado en bolsas plásticas hasta con humedades del 17,5% no sufre alteraciones que perjudiquen su calidad industrial como mínimo por periodos de 70 días evaluados en los presentes ensayos.

Con humedades superiores de hasta 20,5% la conservación, medida como disminuciones en los parámetros de comercialización, se comportó por periodos de hasta 60 días sin alteraciones

La temperatura se estabiliza a partir de aproximadamente 10 a 15 días dentro de las bolsas.

La masa granaria copia la temperatura ambiente respondiendo a los cambios bruscos de la temperatura ambiente con cambios suaves y constantes.

La utilización de media sombra en las condiciones del ensayo (mediados de otoño) no mostró diferencias significativas medidas como grano entero, aunque sí menores variaciones en los datos registrados.

El uso de la media sombra con el propósito de mejorar la conservación de los granos debería ser analizado en condiciones de mayores temperaturas (cosecha de fines de enero, comienzo de febrero).

### Referencias bibliográficas

- 1 - 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
- 2 - 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.
- 3 - Casini, C. 1996. Ensayo de simulación almacenamiento de trigo en silo-"bag". Hoja de divulgación INTA Manfredi.
- 4 - Casini, C. y Rodríguez, J.C. 2005. Atmósfera modificada. Cit in SOJA. Eficiencia de Cosecha y Post-cosecha. Manual Técnico N°3. Ed. M. Bragachini y C. Casini. P 219-229.
- 5 - Clemente, G; Casini, C.; Pagliero, M. Quartucci, J. 2002. Efecto de la Temperatura Exterior sobre la Atmósfera Interior del Sistema Silo-Bag, durante el Almacenamiento de Granos. INTA E.E.A. Manfredi; Villa Nueva S.A. in [www.agrositio.com](http://www.agrositio.com).
- 6 - Rodríguez, J.; Bartosik, R.; Malinarich, H.; Exilart, J. 2002. Almacenaje de granos en bolsas plásticas, girasol. Resumen Informe Final. INTA EEA Balcarce. BsAs. Argentina. 8 pp.
- 7 - 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.



## Estudios de distintos factores incidentes en la calidad de arroz conservado en bolsas plásticas

Hidalgo, R.<sup>1</sup>; Pozzolo, O.<sup>2</sup>; Barrionuevo, C.<sup>1</sup>; Ferrari, H.<sup>2</sup>; Curró, C.<sup>2</sup>  
(1) F. C. A., UNEE, Corrientes. (2) EEA INTA Concepción del Uruguay, Entre Ríos.

### Introducción

Las instalaciones existentes en el país no son suficientes para almacenar la totalidad de granos producidos, (Aposgran, 2005). Esta situación acompañada tanto, por la decisión del productor de retener los granos en su propio campo, permitiéndole obtener mejores precios al momento de la comercialización, cuanto por el hecho de que una parte importante de la producción de granos es realizada por los comúnmente denominados "sin tierras", quienes por distintas circunstancias consideran costoso la instalación de plantas de silos causó un marcado incremento en el uso de bolsas plásticas para la conservación de granos y cereales (Casini 2004). En la actualidad más del 20% de los granos producidos en el país se conservan en bolsas plásticas (Casini 2005), siendo su principal ventaja la baja inversión, transformándolo en un sistema económico para el sector productivo (Rodríguez et. al. 2002).

Otra ventaja importante es que la conservación se realiza en una atmósfera modificada, debido a que el proceso respiratorio de los integrantes bióticos del granel (granos, hongos, insectos, etc.) consume el Oxígeno (O<sub>2</sub>), generando dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) constituyendo una atmósfera rica en CO<sub>2</sub> y pobre en O<sub>2</sub>, causando la inactivación de la reproducción y/o desarrollo de insectos y hongos, como así también la propia actividad del grano, facilitando su conservación. (Clemente 2002).

La actividad respiratoria de los insectos y granos, provocan la caída en los niveles de O<sub>2</sub> y el aumento de CO<sub>2</sub> en el granel confinado en un ambiente hermético. Cuanto mayor es la actividad del granel, más rápido será el consumo de O<sub>2</sub> y la generación de CO<sub>2</sub>. (Oxley y Wickenden 1963).

Como desventaja de este sistema de conservación, se puede citar la fragilidad de la bolsa a ser dañada por roedores o rupturas de la misma ocasionando el ingreso de O<sub>2</sub> produciéndose un aumento en la temperatura y humedad del grano, principales causantes del deterioro de la calidad.

La producción y conservación de arroz no escapa a esta situación nacional. Hoy día en las provincias de Corrientes y Entre Ríos, más de 70.000 toneladas de arroz seco base cámara (13% de humedad), son conservadas en bolsas plásticas herméticas (Pozzolo e Hidalgo 2005) y un número importante de productores están interesados en almacenar, durante 60 – 70 días arroz con humedades en un rango de 16 – 17%, para luego ser secados en momentos de menor concentración de granos en las plantas de silos (época de no cosecha), logrando descomprimir las secadoras en el período de mayor uso.

Esta necesidad de uso de bolsas plásticas, bajo distintas condiciones de almacenamiento del arroz causa la necesidad de conocer las limitantes y el comportamiento de distintas variables que inciden en la calidad del grano.

El objetivo del presente trabajo es determinar el efecto de las variables humedad, temperatura, granos enteros, granos manchados y rendimiento industrial sobre la calidad de granos de arroz, conservados a distintas humedades en bolsas plásticas.

## Materiales y métodos

El ensayo se estableció en Paso de Los Libres (Corrientes). Se ensiló grano de arroz con dos niveles de humedad, 19% el 09/04 y 16% el 13/05, en bolsa plásticas comerciales, de 9 pies. En forma semanal, se realizaron extracciones de muestras al inicio, zona media y final de la bolsa a tres alturas, 30 cm por debajo del lomo de la bolsa, parte media y 30 cm por encima de la parte basal, registrándose los valores de temperatura, humedad ( $H^{\circ}$ ), grano entero y manchado, rendimiento industrial por medio de análisis en laboratorio.

A partir del 26/05 se registraron los valores de temperatura utilizando un sensor electrónico de 8 canales tipo Data Logger, ubicados dentro de la bolsa a tres niveles, superior, medio e inferior, a excepción de la bolsa de 16% de  $H^{\circ}$ , en donde se ubicó sólo en el estrato superior e inferior. Las variaciones de temperatura se registraron cada 30 minutos durante 40 días.

El análisis estadístico fue hecho mediante un ensayo completamente aleatorizado, realizándose determinaciones de varianza.

## Resultados y discusión

El ensayo se desarrolló hasta el 12/08, a pesar de que a partir de aproximadamente el 7/07 el material almacenado con 19% de humedad, presentaba signos marcados de deterioro por aumentos de temperatura y presencia de olores característicos a grano en descomposición. Esto indicaría que la conservación de arroz con estas humedades, tendría su límite, para las condiciones del presente ensayo, en aproximadamente los 60 días.

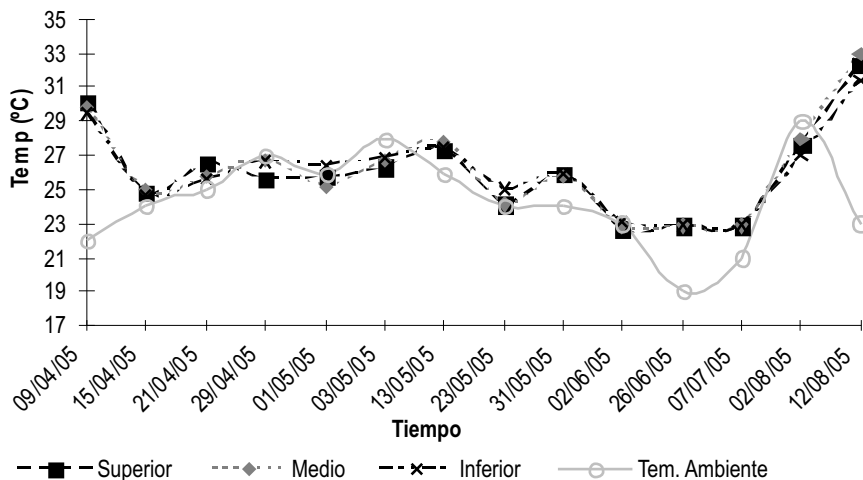
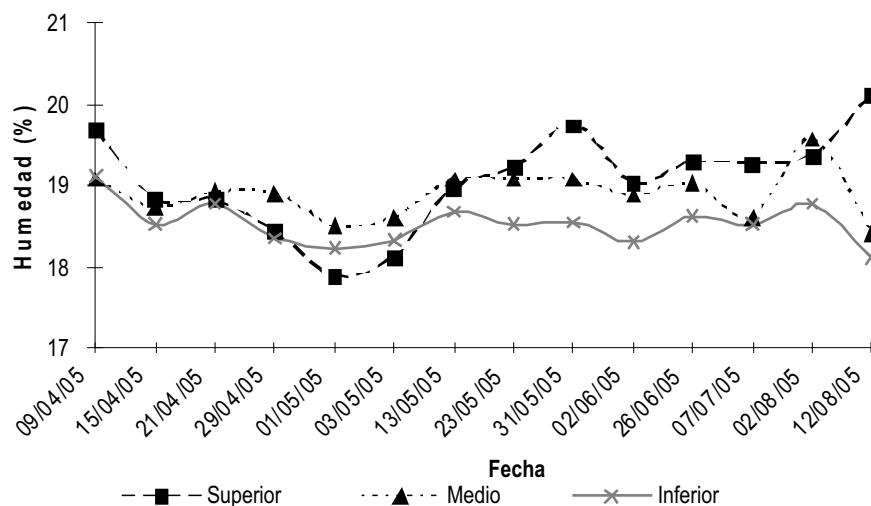


Figura 1. Evolución de la temperatura del grano de arroz almacenado en bolsas plásticas con 19% de humedad.

La alta temperatura del grano al comienzo del ensayo, con 19% de humedad, de aproximadamente 30°C, es la determinada por la cosecha y el tiempo transcurrido entre la misma y el proceso de embolsado. Como se puede observar en la Figura 1, el ambiente confinado de la bolsa, detiene los procesos de respiración estabilizándose la misma aproximadamente a los 15-20 días de embolsado. Dichos procesos, en forma coincidente con ensayos anteriores de granos con porcentajes similares de humedad (Hidalgo et. al. 2005), se estabilizan con valores cercanos a los 18°C durante los primeros dos meses, para luego aumentar a partir de ese período.

Si bien la amplitud de los valores no es importante, alrededor de 2,5°C, a diferencia de lo esperado, las temperaturas registradas muestran una baja asociación con respecto a las variaciones climáticas y a la estratificación dentro de la bolsa. Estas tendencias, muestran comportamientos diferentes a la de otros granos citados en bibliografía, posiblemente, asociado a la de ser un grano con cáscara (Clemente et. al. 2002; Annis 1986, Bank 1980). Sin embargo, se espera repetir el presente trabajo para descartar errores instrumentales.

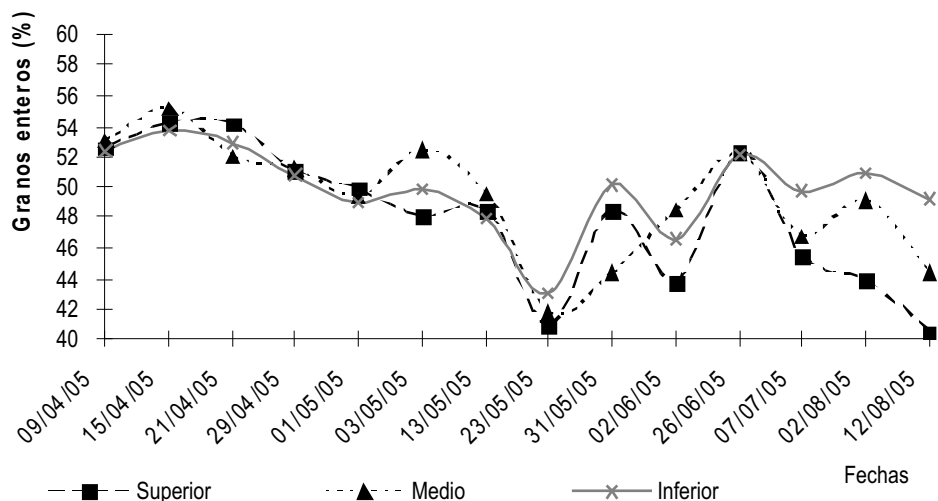
Los valores de humedad de grano, en los diferentes estratos de la bolsa, no muestran diferencias significativas, sin embargo, la parte superior es la que presenta mayores variaciones de humedad (Figura 2), de manera similar a lo evidenciado en ensayos anteriores (Hidalgo et. al. 2005), posiblemente por ser la más afectada por las variaciones climáticas.



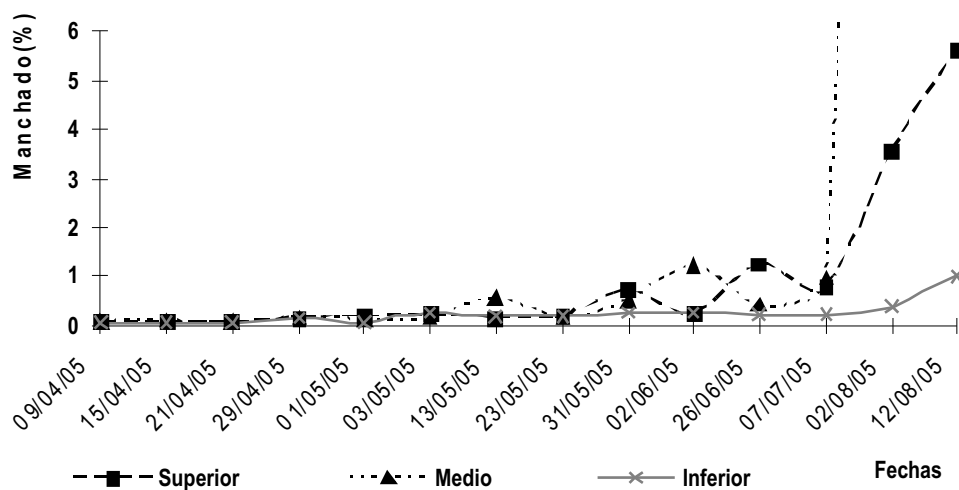
**Figura 2.** Evolución de la humedad relativa en el interior de la bolsa, en los estratos superior, medio e inferior, con grano de arroz almacenado con 19% de humedad.

El análisis estadístico de los valores de grano entero durante el primer mes de almacenamiento, arroja diferencias no significativas. Transcurridos los primeros 30 días, los resultados presentan variaciones importantes (Figura 3), posiblemente, influenciadas por la metodología de muestreo empleada, de calar en los mismos orificios priorizando la integridad de la bolsa. Estas variaciones observadas, a partir del primer mes de almacenamiento, también son registradas al observar los valores de grano manchado (Figura 4), indicando, de esta forma, que para las condiciones del presente ensayo los problemas de conservación comienzan a partir de los 30 o 40 días de almacenado. Es relevante destacar que el silo, con humedad de 16%, se comportó sin alteraciones por más de 60 días.

Como ya fue mencionado, la presencia de grano manchado se comporta de manera similar a la de grano entero, comenzando a aumentar significativamente a partir de los 40 - 50 días de almacenado, donde se registraron valores superiores a la tolerancia en comercialización (0,50% de manchado). Después de los 90 días, los valores de grano manchado se incrementan notablemente, dando como resultados valores de 33,77 % para la fecha del 2 de julio y 35,57 el 12 de julio (Figura 4). Cabe destacar que este parámetro podría ser de gran utilidad para el control, por parte de los productores, por su facilidad de observación y la correlación que muestra con el porcentaje de grano entero, parámetro de más difícil determinación.



**Figura 3.** Evolución del porcentaje de grano entero de arroz almacenado con el 19% de humedad en bolsa plástica, medida en los estratos superior, medio e inferior.



**Figura 4.** Evolución del porcentaje de grano manchado de arroz, almacenado con el 19% de humedad en bolsas plásticas.

Las temperaturas registradas en el silo de 16% de humedad, siguen un patrón similar a las del silo de 19% pero con valores menores en aproximadamente 1,5°C, mostrando diferencias de alrededor de 1°C entre los niveles superior e inferior en forma constante (Figura 5). Es relevante destacar en el silo de 19%, de humedad, cómo las temperaturas de la masa granaria dentro de la bolsa, en los estratos medio e inferior, aumentan más que la superior, producto de marcado proceso de deterioro.

La humedad no muestra diferencias significativas entre las diferentes alturas dentro de la bolsa, al igual que los valores de grano entero (Figura 6 y 7), si se descarta el valor de la muestra del 23/05 en el estrato superior, que se considera no representativa. Estos resultados son coincidentes con los encontrados en otros ensayos de humedades similares (Hidalgo et. al. 2005). Con respecto a la presencia de grano manchado, como un indicador de calidad, se registran diferencias no significativas, a pesar de observarse una tendencia al aumento del mismo con el transcurso del tiempo (Figura 8).

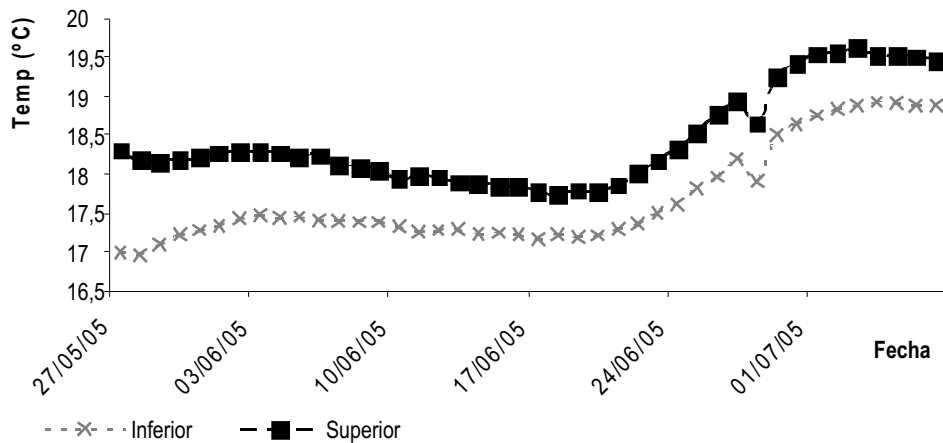


Figura 5. Evolución de la temperatura en el interior de la bolsa, con grano de arroz almacenado con 16% de humedad.

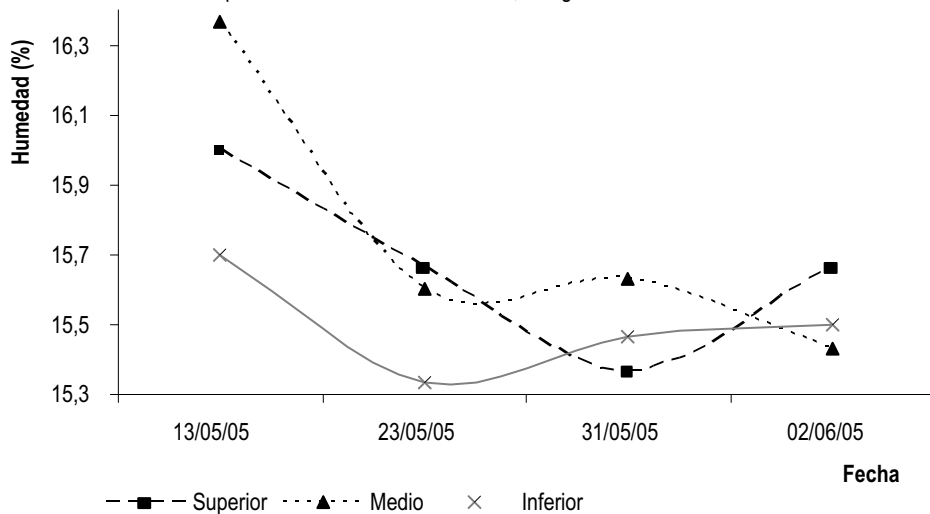


Figura 6. Evolución de la humedad del grano de arroz almacenado con 16% de Humedad en bolsas plásticas.

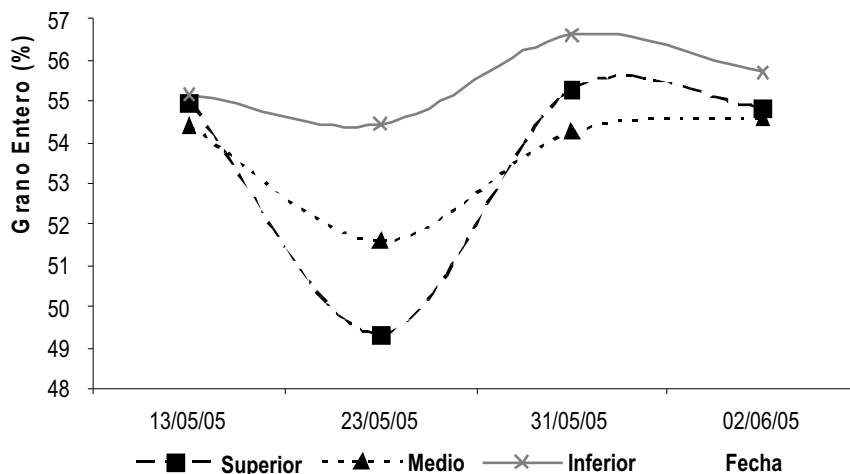
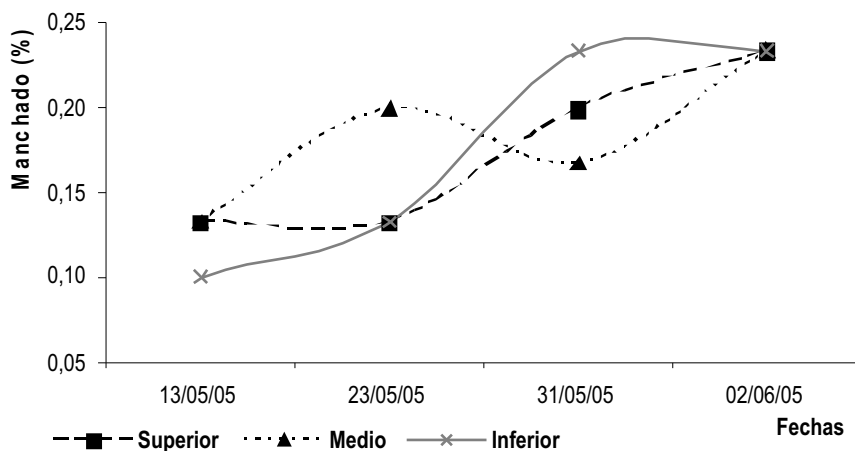


Figura 7. Evolución del porcentaje de grano entero de arroz almacenado, con el 16% de humedad, en bolsas plásticas.



**Figura 8.** Evolución del porcentaje de grano manchado de arroz con el 16% de humedad, almacenado en bolsas plásticas.

### Conclusiones

Arroces con una humedad de 16% se pueden conservar hasta 4 meses, sin verse afectada la calidad del grano.

Arroces, con humedades cercanas al 20%, es posible almacenarlos por 40 días sin pérdidas de calidad del grano, extremando los controles en la bolsa.

La temperatura granaria de arroces, conservados a 19% de humedad, se estabiliza a partir de los 15 días posteriores al inicio del almacenamiento, coincidentes con bibliografía.

La variable humedad no mostró diferencias significativas durante el ensayo en las 2 bolsas, con arroces a 19 y 16% de humedad respectivamente, siendo de escasa utilidad para determinar variaciones en la calidad del grano.

Las determinaciones de humedad arrojaron, en valores absolutos, una mínima diferencia para los datos de la parte superior de la bolsa, por estar más expuesta a las variaciones climáticas.

El porcentaje de granos enteros en la bolsa, con arroces de 19% de humedad, se vió notablemente disminuido después de los 60 días de conservación, a diferencia del arroz con 16% de humedad, que se comportó sin alteraciones por más de 60 días.

La presencia de grano manchado en arroces, con 19% de humedad, se comporta de manera similar a la de grano entero, comenzando a aumentar significativamente a partir de los 50 - 60 días de almacenado, donde se registraron valores superiores a la tolerancia en comercialización. Arroces con 16% de humedad, no arrojaron diferencias significativas, manteniéndose dentro de la base de comercialización.

El análisis de granos manchados es de gran importancia para el productor, debido a la facilidad de su determinación.

### Referencias bibliográficas

- 1 - 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.
- 2 - Aposgran, 2005. Diálogos sobre Jornatec 2005. Revista N° 92. Rosario Argentina, p 14.
- 3 - 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.
- 4 - Casini, C. 2004. Guía para almacenar granos en bolsas plásticas. Información para divulgación. INTA 4 pp.
- 5 - Casini, C. 2005. Atmósfera modificada. Cit en SOJA. Eficiencia de Cosecha y Postcosecha. Manual Técnico N°3. Ed. M. Bragachini y C. Casini. P 219-229.
- 6 - Clemente, G; Casini, C.; Pagliero, M. Quartucci, J. 2002. Efecto de la Temperatura Exterior sobre la Atmósfera Interior del Sistema Silo-Bag, durante el Almacenamiento de Granos. INTA E.E.A. Manfredi; Villa Nueva S.A. en [www.agrositio.com](http://www.agrositio.com).
- 7 - Hidalgo, R.; Pozzolo, O.; Ferrari, H.; Curró, C.; Barrionuevo, C.; Meza, H. 2005. Informes internos Proyecto Nacional de Eficiencia de Cosecha y Postcosecha, PRECOP, INTA, inédito.
- 8 - Oxley, T.A. and Wickenden, G. 1962. The effect of restricted air supply on some insects which infest grain. Ann. Appl. Biol., 51: 313-324.
- 9 - Pozzolo, O e Hidalgo, R. 2005. Informe interno Proyecto Nacional Cosecha y Postcosecha de granos. INTAEEA Manfredi. Inédito.
- 10 - Rodríguez, J.C. 2002. 1º jornada del proyecto nacional del Proyecto Nacional de Eficiencia de Cosecha y Postcosecha de granos. EEA INTA Manfredi. Documento interno en cd.





## Efecto de tornillos de arquímedes de embolsadoras y extractoras en la calidad de arroz

Hidalgo, R.<sup>1</sup>; Meza, H.<sup>1</sup>; Cardozo, W.<sup>2</sup>; Pozzolo, O.<sup>3</sup>; Ferrari, H.<sup>3</sup>; Curró, C.<sup>3</sup>  
(1) F.C.A., UNEE, Corrientes; (2) Adeco Agropecuaria SRL. Corrientes; (3) EEA INTA Concepción del Uruguay, Entre Ríos.

### Introducción

Al incrementar la producción nacional de cereales y oleaginosas, se produjo un desbalance con la capacidad de almacenaje de granos instalada (Aposgran 2005). Este déficit implica una ineficiencia en la poscosecha, lo que deriva en mayores costos, que termina pagando el productor, influyendo obviamente en la rentabilidad de la empresa agropecuaria. En la actualidad el sector productivo argentino ha podido, en parte, solucionar esta falta de infraestructura para el almacenamiento de los granos mediante el uso de bolsas plásticas. Según estudios realizados por Casini (2005), señalan que en el país se conserva más de un 20% del total de granos producidos mediante este sistema.

Los múltiples factores, que actualmente inciden sobre la decisión de conservar la producción, tranque- ras adentro, han jugado un rol fundamental en la generalización del uso de esta técnica. Una de las principales causas de su uso en forma masiva es que se trata de un sistema económico y de baja inversión (Rodríguez et. al. 2002), más aún al tener en cuenta que la instalación de estructuras de almacenaje permanentes (silos, celdas, etc.), no está hoy al alcance de la mayoría de los productores, debido a la alta inversión inicial requerida. Por otro lado, condiciones internas que se dieron en el último año, fundamentalmente en la macroeconomía del país, hizo que en cierta medida este sistema de almacenaje tuviera un crecimiento exponencial.

Algunos estudios establecen que la diferencia entre enviar el grano al acopio o embolsarlo por un período de tres o cuatro meses, genera un importante ahorro a los productores, además se produce un mejor aprovechamiento de fletes debido a que las entregas de cereales a los puertos es mucho más suave, ocasionando un diferencial de precios provocado por la entrega de la producción fuera del período estacional de cosecha (Clemente 2002). A esto debe sumarse, para esta campaña, el componente de incertidumbre que ha pasado a ser uno de los principales factores que hace a la toma de decisión del productor.

El principio básico de conservación se basa en la hermeticidad de la bolsa, donde el proceso respiratorio de los integrantes bióticos del granel (granos, hongos, insectos, etc.) consume el Oxígeno (O<sub>2</sub>), generando dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>). Este proceso constituye una nueva atmósfera, rica en CO<sub>2</sub> y pobre en O<sub>2</sub>, la cual 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 mantenimiento. En esta situación hay que impedir, por todos los medios, que ingrese O<sub>2</sub> al interior de la bolsa; el cereal embolsado, aún cuando se encuentre húmedo (13 a 17%).

Como contraparte de las ventajas que ocasiona este sistema de conservación se pueden enumerar varias, siendo la principal la ruptura de la bolsa, producidas por distintas causas (climáticas y roedores principalmente) y si no es reparada a tiempo se pierde hermeticidad, ingresando O<sub>2</sub> y humedad ambiente ocasionando un incremento del ritmo respiratorio de todos los seres vivos lo que se expresa-

rá en un aumento inmediato de la temperatura (Bartosik 1999). Si este incremento es detectado a tiempo el material no sufre alteraciones en su calidad. Por todo esto, es necesario e indispensable un correcto manejo, que incluye el cuidado en el manipuleo del grano en el proceso de embolsado y extracción, el cual permitirá obtener resultados satisfactorios.

Sabido es que todo movimiento del grano, en el proceso de secado y conservación, produce daño mecánico, más aún si es realizado por medio de tornillos sinfines (chimangos) y si la posición de trabajo es en forma inclinada o vertical.

En el proceso de embolsado y extracción comúnmente se utiliza este sistema para llevar el grano a la bolsa y luego sacarlo, para su industrialización, cargándose de la secadora o silos pulmones a los carros tolveros autodescargables y de éstos a la embolsadora, cuyo órgano alimentador lo constituye un tornillo sinfín. Al finalizar el período de conservación, para desembolsar el grano, se utilizan extractoras también con este mecanismo como órgano de extracción. Por esto es necesario que se encuentre en buen estado, que las espiras y el tubo del chimango no estén gastados, para evitar daños al grano.

En el embolsado y posterior extracción de arroz seco o húmedo, estas consideraciones son de vital importancia, ya que el porcentaje de granos quebrados es uno de los factores con mayor incidencia en la determinación del precio de comercialización de este cultivo. Estudios realizados por Hidalgo et al (2005) concluyen que en el proceso de cosecha de arroz, uno de los principales causantes de quebrado de granos es el estado del extremo de noria, siendo el principal responsable de grano dañado el desgaste del sinfín alimentador de noria.

Existen otras herramientas utilizadas en la extracción, como ser las aspiradoras de grano, que son una solución para retirar el cereal de las bolsas y no sólo facilitan la extracción, sino que también juegan un rol importante en la prelimpieza y aireado del cereal. A partir de adaptaciones, que lograron desarrollar talleres locales, los equipos combinan aspiración y elevación del cereal con chimango, lo que ha permitido reducir costos y disminuir los HP tractor, necesarios para la tarea. Este sistema de extracción es poco utilizado en arroz.

En la bibliografía consultada no se encontraron tanto, citas de daños al grano de arroz en el proceso de embolsado y extracción cuanto, la incidencia del estado y posición del chimango alimentador de las embolsadoras en el porcentaje de granos quebrados.

El objetivo del presente trabajo es analizar el daño mecánico, expresado en porcentaje de granos enteros en el proceso de embolsado y extracción de arroz, y estudiar el efecto del tipo y estado del chimango alimentador tanto de dos embolsadoras, cuanto de la extractora.

### **Materiales y métodos**

En el establecimiento San Agustín, ubicado en el Departamento de Curuzú Cuatiá, provincia de Corrientes, se llevaron a cabo los ensayos durante el mes de marzo. Para el análisis de daño mecánico al grano en todo el proceso de embolsado, extracción y traslado para su industrialización, se usó un tolvero autodescargable para alimentar la embolsadora y posteriormente a la planta de industrialización.

El proceso de embolsado, fue realizado con dos tipos de embolsadora, una con chimango largo inclinado y con un marcado desgaste de las espiras como órgano alimentador, otra, con chimango corto, en posición horizontal y en buen estado. Se confeccionaron diez bolsas de arroz con una humedad promedio de 16%, cinco bolsas por embolsadora.

La extracción se realizó después de 35 días de conservación usando una extractora mecánica con tornillos sinfines alimentadores de posición transversal a la bolsa.

En todo el proceso por cada bolsa confeccionada se tomaron 5 muestras en cada lugar de muestreo: salida de los silos pulmones, salida del chimango del tolvero, apertura de las bolsas, salida chimango de extractora, salida del chimango tolvero al alimentar la planta de industrialización.

Se utilizó un diseño completamente aleatorizado con análisis de varianza, las diferencias entre medias se determinaron a través de una prueba de Tukey con un nivel de significancia de  $p < 0,05$ .

## Resultados y discusión

El análisis del posible daño mecánico al grano de arroz durante el proceso de embolsado y extracción se realizó por etapas.

### Salida de silo – Descarga de tolva

La evaluación del daño realizado por el tornillo de Arquímedes (chimango), del carro tolvero autodescargable, no arrojó diferencias significativas comparados con los datos de la salida del silo de almacenamiento, esto indica que, dicho mecanismo de descarga, no causaría daño al grano, dando como resultados para este ensayo, 0,29 y 0,38 puntos menos de granos enteros (Tabla 1), o que los mismos no son detectables con los niveles de sensibilidad utilizados.

**Tabla 1.** Efecto de daño mecánico del chimango del tolvero.

Bolsas	Salida Silo	Desc. Tolva	Rotura Carro Tolvero
Bolsa 1 Emb. 1	49,80a	49,50a	0,30
Bolsa 2 Emb. 1	50,90a	50,80a	0,10
Bolsa 3 Emb. 1	49,00a	48,70a	0,30
Bolsa 4 Emb. 1	51,30a	50,94a	0,36
Bolsa 5 Emb. 1	53,40a	53,02a	0,38
Bolsa 1 Emb. 2	57,00a	56,60a	0,40
Bolsa 2 Emb. 2	56,80a	56,45a	0,35
Bolsa 3 Emb. 2	51,00a	50,62a	0,38
Bolsa 4 Emb. 2	57,20a	56,84a	0,36
Bolsa 5 Emb. 2	50,00a	49,61a	0,39

Números seguidos de letras iguales no son significativos Test de Tukey ( $p < 0,05$ ).

### Descarga de tolva - embolsadora

El resultado del análisis comparativo de las embolsadoras, una con órgano de alimentación tipo chimango corto horizontal y en buen estado (embolsadora 1), la otra con chimango largo inclinado y en mal estado (embolsadora 2), indican diferencias significativas entre ambas.

Tal como era de esperar, la embolsadora 2 fue la que produjo mayor porcentaje de quebrado por sobre la embolsadora 1, siendo las medias de rotura de 0,59 y 3,49 puntos menos de grano entero respectivamente (Tabla 2). Esta situación era esperable, ya que se conjugan dos elementos negativos para el cuidado del grano, la posición inclinada y el desgaste del órgano alimentador. Realizado el análisis de porcentaje de grano entero en las bolsas confeccionadas por la misma embolsadora no muestran diferencias significativas entre sí (Tabla 1).

**Tabla 2.** Embolsadoras. Diferencias en el daño al grano.

Bolsas	Desc. Tolva	Bolsa	Rotura Embolsadora
Bolsa 1 Emb. 1	49,50	49,30	0,20a
Bolsa 2 Emb. 1	50,80	50,40	0,40a
Bolsa 3 Emb. 1	48,70	48,00	0,70a
Bolsa 4 Emb. 1	50,94	50,20	0,70a
Bolsa 5 Emb. 1	53,02	52,10	0,90a
Bolsa 1 Emb. 2	56,60	52,57	4,00b
Bolsa 2 Emb. 2	56,45	52,75	3,70b
Bolsa 3 Emb. 2	50,62	47,42	3,20b
Bolsa 4 Emb. 2	56,84	53,84	3,00b
Bolsa 5 Emb. 2	49,61	46,11	3,50b

Números seguidos de letras iguales no son significativos Test de Tukey ( $p < 0,05$ ).

### Embolsadora – Extractora

El resultado del análisis estadístico del posible daño causado por la extractora mecánica con tornillos sinfines alimentadores de posición transversal a la bolsa, no arrojó diferencias significativas entre bolsas confeccionadas por la misma embolsadora, destacando que los valores de rotura de granos son importantes (Tabla 3).

**Tabla 3.** Efecto del daño causado por la extractora mecánica.

Bolsas	Bolsa	Salida Extractora	Rotura Extractora
Bolsa 1 Emb. 1	49,30	45,10	4,20a
Bolsa 2 Emb. 1	50,40	45,40	5,00a
Bolsa 3 Emb. 1	48,00	43,20	4,80a
Bolsa 4 Emb. 1	50,20	46,00	4,20a
Bolsa 5 Emb. 1	52,10	47,40	4,70a
Bolsa 1 Emb. 2	52,57	47,37	5,20a
Bolsa 2 Emb. 2	52,75	47,39	5,36a
Bolsa 3 Emb. 2	47,42	42,04	5,38a
Bolsa 4 Emb. 2	53,84	47,54	6,30a
Bolsa 5 Emb. 2	46,11	39,71	6,40a

Números seguidos de letras iguales no son significativos Test de Tukey ( $p < 0,05$ ).

### Extractora – Descarga de tolva

El comportamiento del órgano alimentador del carro tolviero en la etapa extracción-silo pulmón de secado, fue similar al uso anterior (salida de silo-descarga de tolva), no detectándose diferencias significativas al analizar estadísticamente el efecto de daño al grano de arroz (Tabla 4).

**Tabla 4.** Incidencia del tolvero en el daño al grano etapa Extractora-Descarga de tolva.

Bolsas	Salida Extractora	Descarga de Tolva	Rotura Tolva
Bolsa 1 Emb. 1	45,10	44,20	0,90a
Bolsa 2 Emb. 1	45,40	44,30	1,10a
Bolsa 3 Emb. 1	43,20	33,00	1,20a
Bolsa 4 Emb. 1	46,00	45,10	0,90a
Bolsa 5 Emb. 1	47,40	46,90	0,50a
Bolsa 1 Emb. 2	47,37	47,17	0,20a
Bolsa 2 Emb. 2	47,39	46,49	0,90a
Bolsa 3 Emb. 2	42,04	40,34	1,70a
Bolsa 4 Emb. 2	47,54	46,24	1,30a
Bolsa 5 Emb. 2	39,71	38,71	1,00a

Números seguidos de letras iguales no son significativos Test de Tukey ( $p < 0,05$ ).

### Análisis circuito completo

La herramienta que más daño produjo en todo el movimiento del grano de arroz fue la extractora mecánica, con tornillos sinfines alimentadores de posición transversal a la bolsa, cuyas espiras presentaban un considerado desgaste, factor que podría ser el causante de la mayor disminución de granos enteros (Tabla 5).

**Tabla 5.** Efecto de daño al grano de arroz en el proceso de embolsado y extracción.

Bolsas	Salida Silo	Desc. Tolva	Rotura Carro Tolvero	Bolsa	Rotura Embolsadora	Salida Extractora	Rotura Extractora	Desc. Tolva	Rotura Carro Tolvero
Bolsa 1 Emb. 1	40,80	40,50	0,30a	40,30	0,20a	36,10	4,20c	35,20	0,90a
Bolsa 2 Emb. 1	45,90	45,80	0,10a	45,40	0,40a	40,40	5,00c	39,30	1,10a
Bolsa 3 Emb. 1	40,00	39,70	0,30a	39,00	0,70a	34,20	4,80c	33,00	1,20a
Bolsa 4 Emb. 1	51,30	50,94	0,36a	50,20	0,70a	46,00	4,20c	45,10	0,90a
Bolsa 5 Emb. 1	53,40	53,02	0,38a	52,10	0,90a	47,40	4,70c	46,90	0,50a
Bolsa 1 Emb. 2	57,00	56,60	0,40a	52,57	4,00b	47,37	5,20d	47,17	0,20a
Bolsa 2 Emb. 2	56,80	56,45	0,35a	52,75	3,70b	47,39	5,36d	46,49	0,90a
Bolsa 3 Emb. 2	51,00	50,62	0,38a	47,42	0,20b	42,04	5,38d	40,34	1,70a
Bolsa 4 Emb. 2	57,20	56,84	0,36a	53,84	3,00b	47,54	6,30d	46,24	1,30a
Bolsa 5 Emb. 2	50,00	49,61	0,39a	46,11	3,50b	39,71	6,40d	38,71	1,00a

Números seguidos de letras iguales no son significativos. Test de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Los resultados del análisis de daño mecánico al grano, durante el proceso de embolsado y extracción con la embolsadora 2, indican una disminución promedio de un 10,61% en los valores de granos enteros, mientras que para la embolsadora 1 un 6,38% (Tabla 6).

**Tabla 6.** Incidencia del estado del órgano alimentador de las embolsadoras sobre el porcentaje de granos enteros.

Unidad	Embolsadora 1					Embolsadora 2				
Momento	Embolsado			Extracción		Embolsado			Extracción	
Etapas	Salida Silo	Descarga Tolva	Bolsa	Salida Extractora	Descarga Tolva	Salida Silo	Descarga Tolva	Bolsa	Salida Extractora	Descarga Tolva
Promedio	46,28	45,99	45,40	40,82	39,9	54,4	54,02	50,54	44,81	43,79
Diferencia			6,38					10,61		

### Conclusiones

La embolsadora con chimango largo, inclinado y desgastado, produjo mayor quebrado de granos que la embolsadora con chimango corto, recto y sin desgaste, expresado en 3,49 y 0,59 puntos menos de enteros respectivamente.

La extractora utilizada, con un marcado desgaste de las espiras del chimango extractor, fue la herramienta que más incidió en el daño al grano, expresado en promedio de 5,15 puntos menos de enteros.

El manipuleo del grano en todo el proceso (circuito alimentación a embolsadora-embolsado-extracción-alimentación a planta de industrialización), utilizando embolsadora y extractora con chimango no adecuado para minimizar la ruptura de grano, ocasionó una merma de granos enteros del 10,61%. Mientras que el uso de embolsadora con chimango adecuado produjo una merma del 6,38%.

Se debería continuar con estos estudios, para tener una mayor información sobre el efecto de daño mecánico al arroz durante el proceso de embolsado y extracción.

Es necesario la concientización que el uso de herramientas en mal estado (desgaste de espiras del órgano alimentador) causa, un importante daño al grano de arroz incidiendo directamente en la comercialización.

Es conveniente el diseño de órganos alimentadores de embolsadoras y extractoras con materiales de mayor resistencia al desgaste y menor daño al grano.

### Referencias bibliográficas

- Aposgran, 2005. Diálogos sobre Jornatec 2005. Revista N° 92. Rosario, Argentina, p 14.
- 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.
- Casini, C. 2005. Atmósfera modificada. Cit en SOJA. Eficiencia de Cosecha y Postcosecha. Manual Técnico N°3. Ed. M. Bragachini y C. Casini. P 219-229.
- Clemente, G; Casini, C.; Pagliero, M. Quartucci, J. 2002. Efecto de la Temperatura Exterior sobre la Atmósfera Interior del Sistema Silo-Bag, durante el Almacenamiento de Granos. INTA E.E.A. Manfredi; Villa Nueva S.A. en [www.agrositio.com](http://www.agrositio.com).
- Hidalgo, R.; Mirón, M.; Pozzolo, O.; Ferrari, H.; Curró, C. 2005 Análisis de diferentes aspectos relacionados con la eficiencia en la cosecha de arroz. Congreso Internacional de Ingeniería Rural. CADIR 2005. San Luis. Argentina.
- Rodríguez, J.; Bartosik, R.; Malinarich, H.; Exilart, J. 2002. Almacenaje de granos en bolsas plásticas, girasol. Resumen Informe Final. INTA EEA Balcarce. Bs. As. Argentina. 8 pp.

**- Chaco. EEA Las Breñas:**

- Soja
- Sorgo
- Tecnología específica.

## **"Estudio del efecto de la media sombra sobre la calidad de los granos de soja almacenados en bolsas plásticas"**

Rubén Luque<sup>1</sup> y Cristiano Casini<sup>2</sup>

<sup>1</sup>INTA EEA Las Breñas <sup>2</sup>INTA EEA Manfredi

### **Introducción**

En la provincia del Chaco, no había antecedentes de estudios realizados sobre el comportamiento de este sistema de almacenamiento de granos en bolsas plásticas. Si bien existían datos relevados por los Ingenieros Rodríguez, en Balcarce, y Casini en Manfredi, las condiciones climáticas de esta región son muy diferentes de aquéllas, por la elevada temperatura ambiental que ocurre y puede actuar, en detrimento de los granos almacenados en las bolsas. Por tal motivo surge la necesidad de comenzar a establecer ensayos en esta región, con el fin de observar el comportamiento del sistema de bolsas plásticas para el almacenamiento de granos, bajo las condiciones climáticas locales.

Por lo tanto se estableció como principal objetivo el de estudiar el efecto de un atenuante de la temperatura exterior, sobre la calidad de los granos almacenados.

### **Materiales y métodos**

En la localidad de General Pinedo, Provincia del Chaco, se realizan dos ensayos con granos de soja almacenados en campos de productores.

Los Establecimientos en los cuales se desarrollaron los ensayos fueron: García Montenegro y Marca Líquida.

En ambos casos el ensayo consistió en almacenar soja en bolsas plásticas y colocar una cobertura de media sombra sobre la bolsa para atenuar el efecto de la temperatura. La media sombra se colocó en dos tramos de 10 metros cada una, dejando entre los dos tramos un espacio libre que se determinó como el testigo. La media sombra fueron colocadas 27 de Mayo y 13 de Julio de 2003. Se colocaron dos tramos y en el medio sin media sombra. En los cuadros, la referencia se registra como "Media sombra 1" y "Media sombra 2". Mientras que en la parte sin media sombra, denomina como "Libre".

Se tomaron muestreos en las siguientes fechas: 12 y 19 de Agosto, 17 de Septiembre, 8 y 15 de octubre. Las zonas muestreadas fueron: Media sombra 1, Media sombra 2 y Libre (sin media sombra). En cada lugar, se tomaron muestras en tres niveles de profundidad dentro del granel: arriba, medio y abajo.

Los ensayos terminaron el 15/10/03, época normal para la venta de los cereales.

Los granos provenientes del muestreo, se les efectuaron los análisis de calidad, que comprendieron: Humedad inicial del grano, Poder Germinativo (PG), Peso Hectolítrico (PH) y Micotoxinas.

Además, se registró la temperatura interna de la bolsa, en los 3 sectores, Media sombra 1, Media sombra 2 y Libre (sin media sombra), en tres niveles: arriba, medio y abajo.



## Resultados y discusión

Con respecto al ensayo llevado a cabo en García Montenegro, la soja se almacenó con alto contenido de humedad (17%).

Si observamos en Tabla 1, vemos que en el Poder Germinativo hay una reducción muy importante de los valores en el sector "libre", es decir sin media sombra. También se observa una reducción de la calidad en el tiempo. Es decir, el último muestreo registra un valor de P.G. más bajo que el primero, la caída promedio de P.G. fue de 23,5 puntos porcentuales. Esto se nota para los tres niveles de profundidad en la bolsa.

En el peso hectolítrico, se nota un pequeño deterioro en el sector expuesto directamente al sol. Esto es bien notorio, si bien esa diferencia no es muy amplia, hay una tendencia a perder PH con el transcurso del tiempo en ese sector.

**Tabla 1.** Análisis de calidad de granos de soja almacenados en bolsas plásticas.- Las Breñas Chaco - Productor: García Montenegro -

### Poder Germinativo (%)

FECHA	ARRIBA			MEDIO			BAJO		
	Media sombra 1	Aire Libre	Media sombra 2	Media Sombra 1	Aire Libre	Media Sombra 2	Media sombra 1	Aire libre	Media Sombra 2
12/08/2003	78	0	82	69	0	72	78	0	71
29/08/2003	55	0	73	63	0	72	70	0	60
17/09/2003	73	0	68	72	0	61	57	45	75
18/09/2003	,	,	,	76	7	70	,	,	,
08/10/2003	72	0	52	69	0	66	40	0	60
15/10/2003	49	0	43	57	0	45	61	0	54

### Peso Hectolítrico (kg/hl)

FECHA	ARRIBA			MEDIO			BAJO		
	Media Sombra 1	Aire libre	Media Sombra 2	Media sombra 1	Aire libre	Media Sombra 2	Media Sombra 1	Aire libre	Media Sombra 2
12/08/2003	69,72	67,82	68,7	68,27	70,07	68,72	69,05	67,92	70,52
29/08/2003	68,7	67,82	68,37	68,6	68,05	69,62	68,95	67,8	69,62
17/09/2003	68,7	67,12	68,05	68,95	67,47	69,5	69,27	68,82	68,82
18/09/2003	,	,	,	68,6	67,82	68,82	,	,	,
08/10/2003	67,92	67,15	69,72	68,37	67,82	68,25	68,5	68,37	70,3
15/10/2003	68,02	66,57	68,05	68,82	67,25	69,62	68,15	67,92	70,07

Por otra parte, en el relevamiento de la temperatura interior de la bolsa, observamos en la Figura 1 la eficiencia de la media sombra para atenuar la incidencia del sol directo. En el sector de la bolsa sin media sombra hay una amplitud de más de 15°C entre la máxima y mínima temperatura registrada. Mientras que en el sector de la media sombra, la amplitud se reduce significativamente y disminuye la temperatura en 15°C con respecto al expuesto al aire libre. Además se nota una variabilidad entre los niveles, siendo más estable el ambiente bajo la media sombra.

Si comparamos los resultados de la Tabla 1 y la Figura 1, podemos inferir que el deterioro de los granos ha sido mayor en el sector expuesto al sol directo que en la media sombra, producto de la elevada temperatura y amplitud térmica que se registra en ese sector.

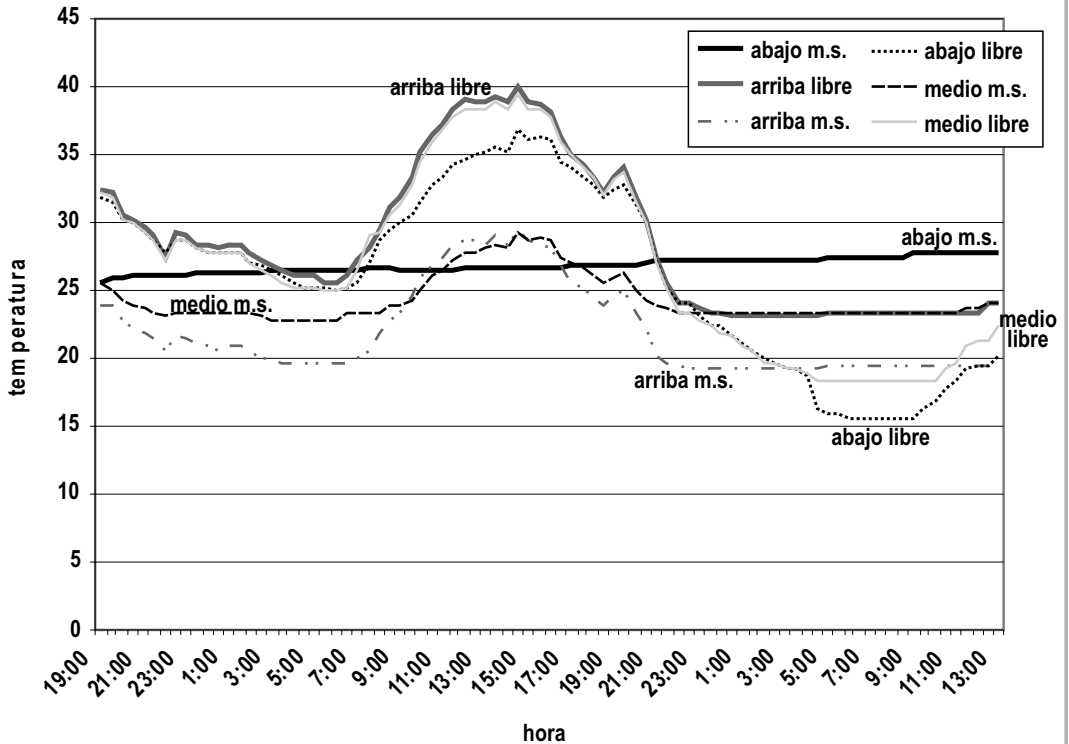


Figura 1. Las Breñas. Montenegro. Temperatura interior de la bolsa con soja. (12/08/03)

En la otra bolsa, del productor Marca Líquida, la soja se almacenó con un tenor menor de humedad de grano (15 %).

Si observamos la Tabla 2, vemos en el PG, que hay valores más altos en esta partida de granos con respecto a la anterior, es decir que la soja llegó a la etapa de almacenamiento con una mejor calidad que en el caso anterior. También se nota una reducción importante en el sector expuesto al aire libre disminuyendo de 55-61% en la primer fecha de muestreo a 8-10% en la última fecha de muestreo. Esto se puede deber al menor contenido de agua de la semilla, a la mejor calidad inicial y/o a las diferentes variedades de grano. También se observa una reducción de la calidad en el tiempo. Es decir, el último muestreo registra un valor de P.G. más bajo que el primero. Esto se nota para los tres niveles de profundidad en la bolsa, pero con un deterioro muy pequeño en el sector cubierto con media sombra donde el P.G. cayó de 89% (valor promedio) al inicio del ensayo a 82% al finalizar el mismo.

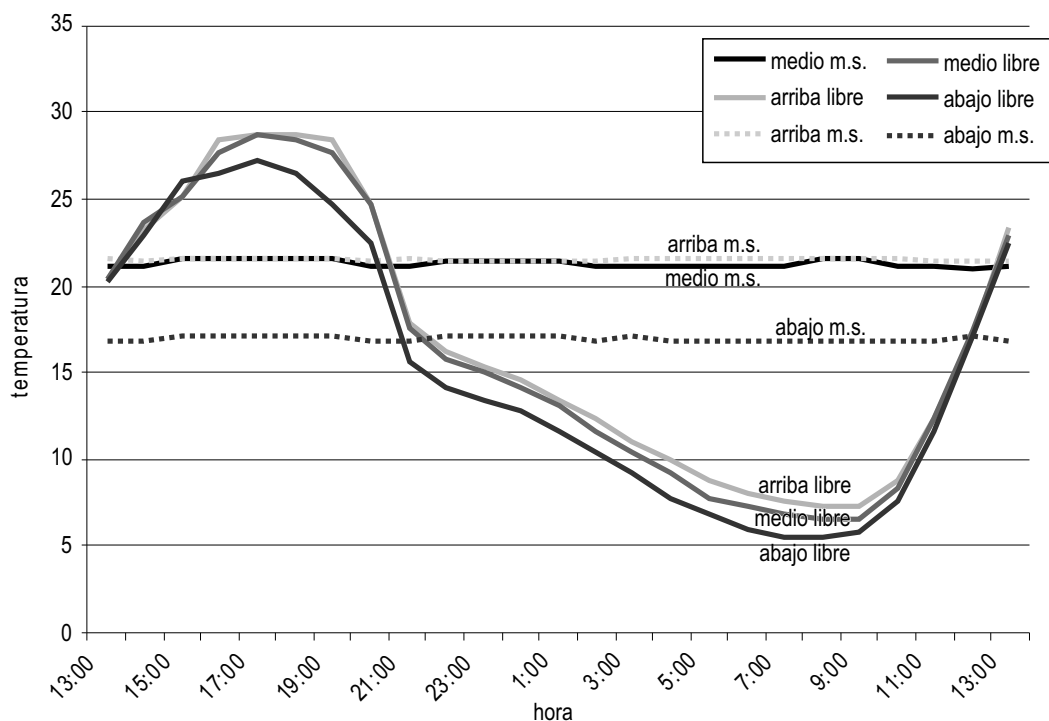
Con respecto al PH, se nota un pequeño deterioro en el sector expuesto directamente al sol. Si bien esa diferencia no es muy amplia, esto es notorio llegando a ser dicha diferencia en promedio de 1,5 kg/hl en favor de la cobertura de media sombra. No se registra pérdida de calidad (PH) en el tiempo. En este punto cabe mencionar nuevamente, la importancia de la calidad inicial en el posterior comportamiento del grano en el almacenamiento.

**Tabla . Resultado de los análisis de calidad de granos de soja almacenados en bolsas plásticas**  
 Las Breñas Chaco - Productor: Marca Líquida.-  
**Poder Germinativo (%).**

FECHA	ARRIBA			MEDIO			BAJO		
	Media Sombra 1	Aire Libre	Media Sombra 2	Media Sombra 1	Aire Libre	Media Sombra 2	Media Sombra 1	Aire Libre	Media Sombra 2
18/07/2003	,	,	,	90	78	90	,	,	,
12/08/2003	88	58	89	90	55	90	92	61	91
29/08/2003	87	40	85	89	38	88	91	57	90
17/09/2003	85	11	84	84	16	81	86	33	92
08/10/2003	76	15	77	78	10	82	84	20	81
15/10/2003	89	8	86	87	9	75	89	10	87

**Peso Hectolítrico (kg/hl)**

FECHA	ARRIBA			MEDIO			BAJO		
	Media Sombra 1	Aire Libre	Media Sombra 2	Media Sombra 1	Aire Libre	Media Sombra 2	Media Sombra 1	Aire Libre	Media Sombra 2
18/07/2003	,	,	,	70,72	69,37	70,3			
12/08/2003	70,5	69,5	70,85	70,75	69,27	70,75	70,27	68,72	70,97
29/08/2003	70,95	69,4	70,52	70,62	69,27	69,5	70,5	68,72	71,2
17/09/2003	71,07	69,85	70,97	70,62	69,05	70,17	70,52	69,05	70,27
08/10/2003	71,3	68,95	70,72	71,07	68,92	71,07	70,72	68,82	71,52
15/10/2003	71,52	69,62	70,75	71,85	69,15	70,4	70,52	69,82	70,4



**Figura 2.** Las Breñas. Marca Líquida. Temperatura interior de la bolsa con soja. (30/07/03)

Observando la Figura 2, vemos nuevamente el efecto benéfico de la sombra atenuando la incidencia de la temperatura. En este caso hay un comportamiento más estable del ambiente bajo la media sombra, que en el caso anterior. La amplitud térmica registrada al aire libre fue de más de 20°C, mientras que bajo sombra, fue prácticamente nula.

Desde luego, que es evidente, que la pérdida de calidad del grano bajo la media sombra fue menor en este caso que en el anterior, debido también a que el ambiente bajo la media sombra en la bolsa de Marca Líquida fue más estable que en la bolsa de García Montenegro.

Por último cabe destacar que no se registró contaminación por Aflatoxinas en ninguno de los casos.

### **Conclusiones**

- 1) La media sombra fue muy eficiente en atenuar el efecto de la temperatura y de la amplitud térmica.
- 2) En ese ambiente (área de Las Breñas) se justifica usar la media sombra anticipadamente ya que colocadas en Mayo y Julio tuvieron un efecto benéfico sobre la calidad de la semilla, desde un principio.
- 3) En ese ambiente (área de Las Breñas) se justifica colocar la media sombra, aún con semilla de soja seca, ya que en el ensayo de Marca Líquida la preservación de la calidad en el tiempo fue superior bajo la sombra. En caso de soja para granos, este argumento se debe seguir investigando.

### **Referencias bibliográficas**

- Casini, C. 1996. Ensayo de simulación almacenamiento de trigo en silo-"bag". Hoja de divulgación INTA Manfredi
- Clemente, G; Casini, C.; Pagliero, M. Quartucci, J. 2002. Efecto de la Temperatura Exterior sobre la Atmósfera Interior del Sistema Silo-Bag, durante el Almacenamiento de Granos. INTA E.E.A. Manfredi; Villa Nueva S.A. in [www.agrositio.com](http://www.agrositio.com) .
- Casini, C., Rodríguez, J. C., Bartosik, R. E 2003. Almacenamiento. En Eficiencia de Cosecha y Almacenamiento de Granos. Ed. INTA. Buenos Aires. pp. 78
- Rodríguez, J.; Bartosik, - Casini, C. 2002. Guía para almacenar grano en bolsas plásticas. Información técnica Proyecto eficiencia de cosecha y postcosecha de grano. INTA Manfredi. 4 pp.
- R.; Malinarich, H.; Exilart, J. 2002. Almacenaje de granos en bolsas plásticas, girasol. Resumen Informe Final. INTAEEA Balcarce. BsAs. Argentina. 8 pp.

## **"Estudio del efecto de la media sombra sobre la calidad de los granos de soja y maíz almacenados en bolsas plásticas"**

Rubén Luque<sup>1</sup> y Cristiano Casini<sup>2</sup>

<sup>1</sup>INTA EEA Las Breñas <sup>2</sup>INTA EEA Manfredi

### **Introducción:**

En el año 2004 la producción de soja de la republica Argentina fue de unas 31.576.751 toneladas, y de 13.997.507 t de maíz, de las cuales la provincia del Chaco produjo unas 841.200 y 327.740 t respectivamente. Parte de esa producción se almacenó en bolsas plásticas. Entre los motivos de la adopción masiva de esta técnica podemos mencionar que:

- Le da al productor el control de su producción, y de poder vender de acuerdo a sus necesidades o expectativas de precios.
- Es una técnica sencilla y de bajo costo, de fácil adaptación a la logística de los nuevos planteos productivos.
- Permite superar inconvenientes en los momentos de alta demanda de fletes y/o almacenaje.
- Posibilita un almacenamiento diferenciado con escasa inversión en estructura. Principalmente en maíces con valor agregado (maíces alto oléico, maíces colorados, etc.), muy difundidos en esta región.

En el NEA, y en particular en la producción de maíz, es una alternativa factible para el almacenaje con vistas a la utilización para consumo animal y/o ventas alternativas a la entrega a puerto (plantas de alimentos balanceados, ventas para consumo regional, etc.).

Es además, una alternativa imprescindible para los denominados "productores sin tierra" o "pooles" de siembra, ya que en esta región es muy significativa la participación de este tipo de explotaciones económicas.

El periodo de cosecha en el NEA se extiende desde los meses de enero a julio para los diferentes cultivos que se siembran en la región. Comenzando en Enero - Febrero con Girasol; Abril – Mayo – Junio para el cultivo de Soja, y Junio – Julio con Maíz, presentando estos periodos amplitudes térmicas muy considerables, con temperaturas máximas y mínimas que van desde los 44°C en febrero a -11°C en Julio.

Por tales motivos, se realizaron en el área de influencia de la EEA Las Breñas ensayos tendientes a determinar como influían las condiciones ambientales de la zona en los parámetros de calidad de soja y maíz, almacenados en bolsas plásticas, y la incidencia que puede tener, sobre los mencionados parámetros, la aplicación de cobertura de media sombra.

### **Materiales y métodos**

En la localidad de Hermoso Campo, Provincia del Chaco, se realizan dos ensayos con granos de soja y maíz .

En ambos casos el ensayo consistió en almacenar los granos en bolsas plásticas y colocar una media

sombra sobre la bolsa, para atenuar el efecto de la temperatura. Las fecha de embolsado de la soja fue el día 4 de Junio y la del maíz el día 2 de Julio del 2004. Las fechas de colocación de la media sombra al 80%, fueron: el día 5 de Julio para la soja y el día 2 de Septiembre para el maíz. La media sombra se colocó en dos tramos de 12 metros cada una, dejando entre los dos tramos un espacio libre, que se determinó como testigo. En los cuadros, la referencia se registra como "Media sombra 1" y "Media sombra 2", mientras que en la parte sin media sombra, figura como "Aire libre".

La fecha de vaciado de las bolsas fueron: el día 16 de Septiembre para la soja y el día 10 de Diciembre para el maíz.

Se tomaron los muestreos solamente al finalizar el ensayo. Las zonas muestreadas fueron: Media sombra 1, media sombra 2 y aire libre (sin media sombra). En cada lugar, se tomaron muestras en tres niveles de profundidad: arriba, medio y abajo.

A los granos provenientes del muestreo, se les efectuaron los análisis de calidad, que comprendieron: Humedad del grano, Poder Germinativo (PG), Peso Hectolítrico (PH) y Micotoxinas. Estas evaluaciones estuvieron a cargo de la EEA Manfredi.

Además, se registró la temperatura interna de la bolsa, en los sectores de media sombra 1, media sombra 2 y aire libre (sin media sombra), en tres niveles: arriba, medio y abajo.

## **Resultados y discusión**

### **Análisis de las condiciones ambientales dentro de la bolsa.**

En los análisis de las características de los granos en el almacenamiento, vemos que en la soja la humedad del grano en el almacenamiento fue muy baja, aproximadamente del 12 %. Pero en la bolsa (Tabla 1) se nota una mayor porcentaje de humedad del grano, en la parte más baja de la bolsa. Probablemente debido a que el aire intergranario de la parte superior posee mayor temperatura por lo tanto puede absorber mayor cantidad de agua de los granos de esa sección, determinando así, un contenido de humedad de equilibrio, entre la humedad del grano y la humedad relativa del ambiente intergranario, menor. A su vez, la diferencia de temperatura entre estratos pudo haber derivado en una deposición localizada de humedad en la parte interior.

Los niveles de temperatura fueron normales para esa época del año (10 de Septiembre). Se observa un pequeño aumento de la temperatura en los niveles superiores de la bolsa, pero no son de gran magnitud. Lo mismo ocurre, cuando comparamos los tratamientos, en los cuales la diferencia entre la media sombra y el aire libre fue muy poca. Esto podría deberse a que las mediciones se realizaron al atardecer, cuando la radiación solar incidente no era muy alta. Con respecto a la humedad ambiente dentro de la bolsa, se nota un leve incremento de la misma en el sector que está al aire libre, pero con una concentración mayor en el sector bajo. Esto se debe a que el aire en la partes superiores alcanza mayores temperaturas lo cual reduce en valores porcentuales su contenido de humedad (HR), también se observa que solo en la sección inferior (bajo) la HRA supera el limite de seguridad para el desarrollo de hongos, establecido en 67%.

Con respecto al maíz, se almacenó con una humedad de 14,5 % en la bolsa, y al finalizar el ensayo (Tabla 2), la humedad del grano se mostró con mayor porcentaje en la parte baja. Esto puede estar relacionado con los procesos de migración de humedad que ocurren en la masa granaria, durante el día la alta temperatura hace que el aire de las partes más expuestas al sol (parte superior de la bolsa) se calienten, de esta manera las diferencias de temperatura entre secciones provocan movimientos con-

**Tabla 1.** Humedad del grano de soja, Temperatura (°C) y Humedad Relativa Intergranaria en diferentes posiciones dentro de la bolsa.

Tratamientos	Ubicación	%H Grano	Temp. (°C)	%HRI Bolsa
Media sombra	Arriba	9,6	23,7	57,9
Aire Libre		10,2	24,7	61,7
Media sombra	Medio	11,3	22,2	63,9
Aire Libre		11,6	23,5	67,2
Media sombra	Bajo	13,1	22	71,3
Aire Libre		12,6	23,3	71

vectivos de aire trasladando la humedad de la parte superior a la parte inferior, más fría del silo, que esta en contacto con el suelo, el cual tiene una alta capacidad de disipar la energía, de esta manera el aire al enfriarse cede humedad a los granos que lo circundan. La temperatura es mayor que la de la soja, ya que era época de verano, con valores un poco superiores en la parte sin cobertura por media sombra. A pesar de que los valores de humedad del grano en promedio arrojan un valor de 14,5%, lo cual se considera como base de recibo, dicho valor no significa que sea un valor de humedad de almacenamiento seguro, dado que combinado con la alta temperatura, el valor de HR es superior al 67%, establecido como base de seguridad para detener el desarrollo de las diferentes especies de hongos que se encuentran en los granos almacenados.

**Tabla 2.** Humedad del grano de maíz, Temperatura (°C) y Humedad Relativa Intergranaria en diferentes posiciones dentro de la bolsa.

Tratamientos	Ubicación	%H Grano	Temp. (°C)	%HRI Bolsa
Media sombra	Arriba	13,8	27,3	68,1
Aire libre		14,3	27,5	73,7
Media sombra	Medio	15,6	26	77
Aire libre		14,8	27,3	74,3
Media Sombra	Bajo	14,2	25,8	70,1
Aire libre		14,5	27,3	72

### **Análisis de la calidad de los granos almacenados en bolsas plásticas.**

La Tabla 3 refleja los resultados de los análisis de PG realizados sobre los granos de soja. Vemos que hay una leve tendencia a un mayor valor en los granos ubicados en los sectores de media sombra, con respecto a los de aire libre. Sin embargo, las diferencias son de baja magnitud entre las ubicaciones y los tratamientos de media sombra y al aire libre. Esto puede deberse a que el tiempo de almacenamiento ha sido corto y además el silo se vació en septiembre, cuando aún la temperatura ambiente no es muy alta como para afectar el poder germinativo de los granos. Además, como la humedad inicial de las semillas de soja fue relativamente baja, el efecto de la temperatura fue menos importante que el

**Tabla 3.** PG (%) de soja, tomado al finalizar el ensayo, en tres ubicaciones (arriba, medio y abajo) en el perfil de la bolsa, comparación entre cobertura de media sombra y aire libre.

Ubicación	Media sombra 1	Aire libre	Media sombra 2
Arriba	88	81	82
Medio	82	81	89
Bajo	91	85	83

esperado para humedades más altas (Luque y Casini 2003). También podemos observar que el corto tiempo de almacenamiento no afectó el PH (Tabla 4), en ninguna de las secciones analizadas.

**Tabla 4.** PH (kg/hl) de soja, tomado al finalizar el ensayo, en tres ubicaciones (arriba, medio y abajo) en el perfil de la bolsa, comparación entre cobertura de media sombra y aire libre.

Ubicación	Media sombra 1	Aire libre	Media sombra 2
Arriba	71,3	70,2	69,6
Medio	70,4	70,8	71,9
Bajo	71,1	70,7	70,4

Si bien el maíz cosechado en los establecimientos no se guarda como semilla, los test de P.G. son una buena indicación de las condiciones de almacenabilidad del grano, en la Tabla 5 vemos que hay diferencias en el P.G. de los granos cuando comparamos los sectores con media sombra, con respecto al aire libre. Aquí se nota un efecto positivo sobre las condiciones dentro del silo, determinadas por la cobertura de media sombra, que contribuye a disminuir el riesgo de deterioro. En este caso, el período de almacenamiento fue más prolongado y las bolsas estuvieron más tiempo expuestas a la radiación solar directa que en el caso del ensayo con soja. Lo cual permitió observar diferencias entre los tratamientos resultando, para casos de media sombra con valores de P.G. entre 6 y 15 puntos porcentuales superiores al testigo.

Por otra parte, si observamos la Tabla 6, donde se presentan los resultados del Peso Hectolítrico notamos también un leve beneficio de la cobertura de media sombra sobre la calidad de los granos, comparando con el sector al aire libre, aunque las diferencias no son grandes.

**Tabla 5.** PG (%) de maíz, tomado al finalizar el ensayo, en tres ubicaciones (arriba, medio y abajo) en el perfil de la bolsa y comparando con media sombra y aire libre.

Ubicación	Media sombra 1	Aire libre	Media sombra 2
Arriba	81	75	82
Medio	84	72	87
Bajo	83	74	82

**Tabla 6.** PH (kg/hl) de maíz, tomado al finalizar el ensayo, en tres ubicaciones (arriba, medio y abajo) en el perfil de la bolsa y comparando con media sombra y aire libre.

Ubicación	Media sombra 1	Aire libre	Media sombra 2
Arriba	78,1	71	77,1
Medio	75	74,1	75
Bajo	78,2	75,3	75,2

Finalmente, si observamos la contaminación por Aflatoxinas, en las Tablas 7 y 8, vemos que no se han detectado las micotoxinas en cuestión. Esto se debe a que no se generaron las condiciones necesarias para el desarrollo de las micotoxinas dentro del granel, probablemente, por una modificación de la concentración gaseosa generada por la hermeticidad de la bolsa plástica, o porque la humedad relativa fue lo suficientemente baja como para inhibir el desarrollo del hongo.



**Tabla 7.** Contaminación por Aflatoxinas (ppm) en soja, tomado al finalizar el ensayo, en tres ubicaciones (arriba, medio y abajo) dentro del perfil de la bolsa, comparando con media sombra y aire libre.

Ubicación	Media sombra 1	Aire libre	Media sombra 2
Arriba	ND	ND	ND
Medio	ND	ND	ND
Bajo	ND	ND	ND

ND: no detectada

**Tabla 8.** Contaminación por Aflatoxinas (ppm) en maíz, tomado al finalizar el ensayo, en tres ubicaciones (arriba, medio y abajo) dentro del perfil de la bolsa y comparando con media sombra y aire libre.

Ubicación	Media sombra 1	Aire libre	Media sombra 2
Arriba	ND	ND	ND
Medio	ND	ND	ND
Bajo	ND	ND	ND

ND: no detectada.

### Conclusiones

- 1) Para la soja, con un nivel de humedad por debajo del límite de almacenamiento seguro, y con una exposición al aire libre muy corta, prácticamente no se justifica la colocación de la media sombra, ya que los riesgos se reducen y el deterioro prácticamente no ocurre.
- 2) Para el maíz se observó un leve deterioro en el poder germinativo y en menor grado en el peso hectolítrico. En este caso se justifica la colocación de una cobertura (media sombra u otro material) para disminuir la incidencia de la radiación solar sobre la bolsa plástica y por ende el riesgo de deterioro.
- 3) En ambos casos, no se detectó contaminación por Aflatoxinas, lo que refleja la importancia de almacenar granos relativamente secos y mantener la bolsa sin rotura, conservando la hermeticidad del sistema, a fin de evitar este problema.
- 4) En general, estos resultados confirman la teoría de que la media sombra se justifica con granos con un valor de humedad superior a la de recibo, y cuando se va a almacenar por un período prolongado, durante la época cálida del año. Dicho periodo depende de la humedad de almacenamiento, la temperatura en el interior del silo, y la conservación de la hermeticidad del sistema. Desde luego que también intervienen otros factores como son las condiciones climáticas imperantes durante la etapa de almacenamiento (piedra y granizo), de la calidad genética, química y física de los granos, en menor medida.

### Referencias bibliográficas

- Clemente, G; Casini, C.; Pagliero, M. Quartucci, J. 2002. Efecto de la Temperatura Exterior sobre la Atmósfera Interior del Sistema Silo-Bag, durante el Almacenamiento de Granos. INTA E.E.A. Manfredi; Villa Nueva S.A. in [www.agrositio.com](http://www.agrositio.com) .
- Casini, C. 2002. Guía para almacenar grano en bolsas plásticas. Información técnica Proyecto eficiencia de cosecha y postcosecha de grano. INTA Manfredi. 4 pp.
- Casini, C., Rodríguez, J. C., Bartosik, R. E 2003. Almacenamiento. En Eficiencia de Cosecha y Almacenamiento de Granos. Ed. INTA. Buenos Aires. pp. 78
- Casini, C. y Rodríguez, J.C. 2005. Atmósfera modificada. Cit in SOJA. Eficiencia de Cosecha y Postcosecha. Manual Técnico N°3. Ed. M. Bragachini y C. Casini. P 219-229.
- Rodríguez, J.; Bartosik, R.; Malinarich, H.; Exilart, J. 2002. Almacenaje de granos en bolsas plásticas, girasol. Resumen Informe Final. INTA EEA Balcarce. BsAs. Argentina. 8 pp.

## Campaña 2005/06 embolsado de soja: Evaluación del almacenaje

Diego Valdéz.  
INTA E.E.A. Las Breñas

### Introducción:

Durante la campaña 2005/6 la producción de soja de la republica Argentina fue de unas 40.537.364 toneladas, de las cuales la provincia del Chaco produjo unas 1.396.000, parte de esa producción, 28% aproximadamente, se almacenó en bolsas plásticas, dado que este sistema le da al productor el control de su producción, y de poder vender de acuerdo a sus necesidades o expectativas de precios. Además Posibilita un almacenamiento diferenciado con escasa inversión en infraestructura. Principalmente en maíces con valor agregado (maíces alto oleico, maíces colorados, etc.), muy difundidos en esta región.

Es además, este sistema, una alternativa imprescindible para los denominados "productores sin tierra" o "pooles" de siembra, ya que en esta región es muy significativa la participación de este tipo de explotaciones económicas.

Teniendo en cuenta que el periodo de cosecha en el NEA se extiende desde los meses de enero a julio para los diferentes cultivos que se siembran en la región. Arrancando en Enero - Febrero con Girasol; Abril – Mayo – Junio para el caso de Soja, y Junio – Julio con Maíz, presentando estos periodos amplitudes térmicas muy considerables, con temperaturas máximas y mínimas que van desde los 44°C en febrero a -11°C en Julio.

Por tales motivos, se realizo en el área de influencia de la E.E.A. Las Breñas ensayos con el objetivo de determinar la calidad final del producto a través del seguimiento de los distintos procesos tecnológicos, biológicos y climáticos que afectan durante la etapa de almacenamiento del producto.

Para ello se realizó el seguimiento de varios grupos de bolsas con diferentes contenidos de humedad de almacenaje (en general mayores a los de recibo), calidad de confección, calidad inicial de grano y exposición a factores climáticos.



## Materiales y métodos.

**Lugar:** Se analizaron bolsas plásticas de distintos establecimientos, del departamento 9 de Julio y Chacabuco de la provincia de Chaco.

**Tipo de grano:** Soja para comercialización, principalmente de las variedades Munasqa y Nidera A8000.

**Humedad de almacenaje:** Se evaluaron bolsas de soja con contenido de humedad que iban desde los 11,8% hasta 16,8% al momento de comenzar el almacenaje.

**Fecha de embolsado:** El embolsado de las bolsas se realizó entre el 20 de abril de 2006 y 10 de mayo de 2006, se tomó como día de inicio del ensayo el 12 de mayo de 2006.

**Fecha de extracción:** Con excepción de dos bolsas (B6 y B10) que se desarmaron el 11 de diciembre y 5 de septiembre, por rotura de animales y alto contenido de granos revolcados respectivamente, todas las bolsas se desarmaron con posterioridad al 7 de febrero de 2007. En esa fecha se dio por concluido el ensayo.

## Observaciones:

Se tomaron muestras con una periodicidad de alrededor de 20 días, y se midieron las siguientes variables:

- Humedad del grano almacenado.
- Temperatura del grano en el interior del silo.

También se realizaron análisis de energía germinativa y calidad comercial al inicio y al final del ensayo.

## Resultados y discusión:

### Humedad del grano

**Tabla 1.** Contenido de humedad del grano almacenado en bolsas plásticas, durante el período de almacenamiento.

Bolsa / Fecha	12-May	19-Jun	21-Jul	15-Ago	05-Sep	18-Oct	15-Nov	11-Dic	10-Ene	07-Feb
Bolsa 1	14,6	14,3	15	14,9	15,3	15,5	15,3	15,5	15,9	15,2
Bolsa 2	12,6	12,2	13,2	13,2	13,3	12,5	12,2	13,2	13,5	13,6
Bolsa 3	13,8	13,6	14,1	14,9	13,8	13,8	13,6	13,6	12,4	12,5
Bolsa 4	14	14,3	14,5	14,4	15	15,1	14,7	14,5	14,9	15,1
Bolsa 5	11,8	12,3	12,2	12	12,6	13	13,2	12,5	12,3	12
Bolsa 6	15,4	15,5	15,3	15,7	15,5	15,5	14,9	14,9	-	-
Bolsa 7	13,2	13,4	13,5	13	13,3	14,6	15	15,1	15,4	15,2
Bolsa 8	13,4	13,5	13	13,2	13,4	13,3	13	12,8	14	12
Bolsa 9	12,4	13,4	13,5	13,2	14	13,5	13,4	13,9	13,5	14,6
Bolsa 10	16,8	16,2	17,1	16,8	16,2	-	-	-	-	-
Bolsa 11	14,2	14,2	14,2	14,9	15,5	15,3	14,9	14,6	15,3	15,5
Bolsa 12	12,9	12,2	12,4	12,1	12,3	11,9	12	12,5	12,7	13,4

En la Tabla 1 se registran los valores de la humedad de grano desde su embolsado hasta el momento de finalización del ensayo. En general no registran variaciones significativas desde el inicio del almacenaje.

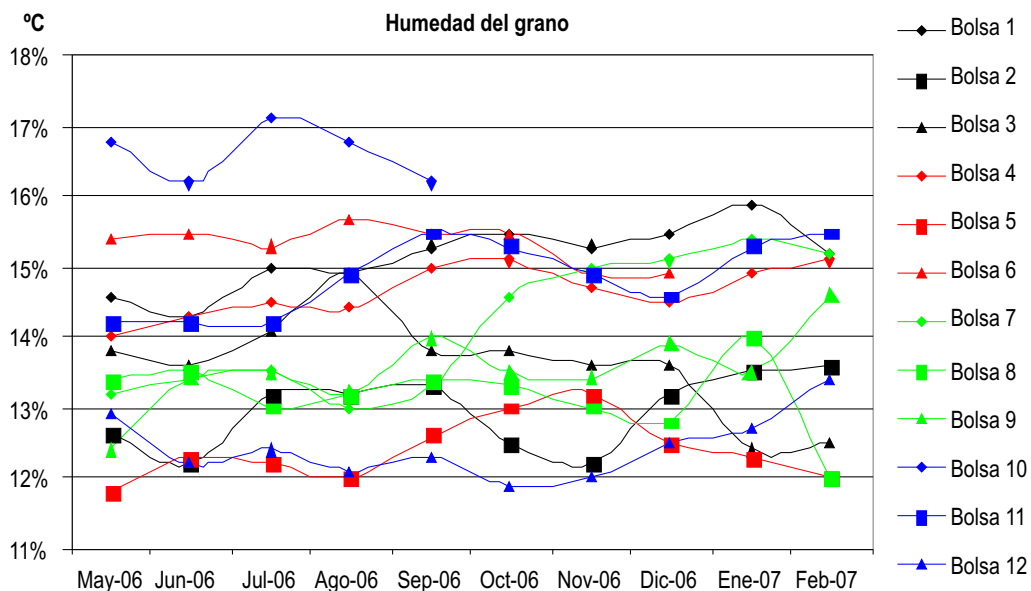
### Temperatura del grano:

En la Tabla 2 se puede observar los valores de la temperatura del grano embolsado y la temperatura media diaria. Se observa un incremento desde el inicio del embolsado.

**Tabla 2.** Evolución de la temperatura media diaria y la temperatura en el interior de las bolsas plásticas

	12/05	19/06	21/07	15/08	05/09	18/10	15/11	11/12	10/01	07/02
Bolsa 1	25	27	29	28	27	31	29	37	41	43
Bolsa 2	27	25	25	23	22	25	34	31	32	33
Bolsa 3	19	17	18	24	26	29	32	32	38	39
Bolsa 4	27	27	25	28	29	32	32	38	38	37
Bolsa 5	19	23	21	22	21	25	28	26	27	33
Bolsa 6	25	27	27	25	33	32	37	41	-	-
Bolsa 7	22	25	24	23	24	29	33	33	34	36
Bolsa 8	19	22	26	22	23	25	28	27	28	29
Bolsa 9	23	25	25	24	27	28	31	31	37	39
Bolsa 10	25	24	31	28	34	-	-	-	-	-
Bolsa 11	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
Bolsa 12	18	21	23	23	26	30	31	29	32	34
Temp Med Diaria	22	18	22	24	27	25	35	33	34	32

En las Figuras 1 y 2, se ve la evolución de los datos expuestos en las dos tablas anteriores.



**Figura 1.** Evolución de la Humedad del grano durante el período de almacenamiento

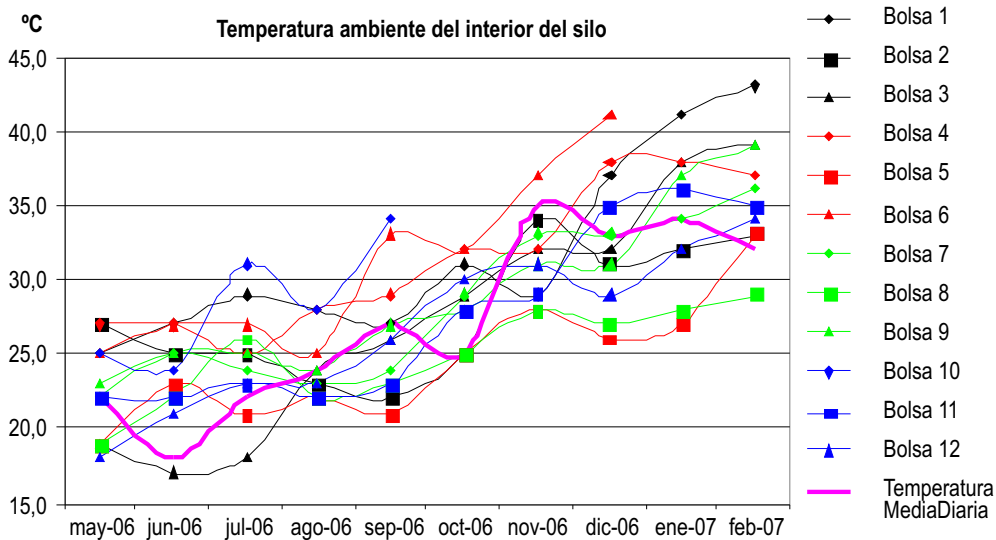


Figura 2. Evolución de la temperatura del grano durante el período de almacenamiento

### Calidad comercial y biológica:

En la Tabla 3 se discriminan los aspectos más importantes de la calidad comercial y biológica de los granos almacenados.

Se realiza una comparación entre los valores correspondientes al inicio del ensayo con los obtenidos al final del mismo (Tabla 3).

Por medio de las figuras y tablas presentadas anteriormente se destacan dos aspectos que debemos tener en cuenta como indicadores de la evolución del almacenaje: aumento de la temperatura del silo y deterioro de la calidad biológica y comercial del grano.

De ello, lo más trascendente es el deterioro de la calidad comercial del grano, principalmente en el rubro granos dañados.

Las figuras siguientes representan el incremento en el porcentaje de granos dañados en función de la temperatura alcanzada al final del almacenaje y de la humedad inicial de almacenaje (Figura 3).

Con respecto a la humedad de almacenaje se observa que existe una correlación positiva entre ésta y el incremento en el porcentaje de granos dañados (Figura 4).

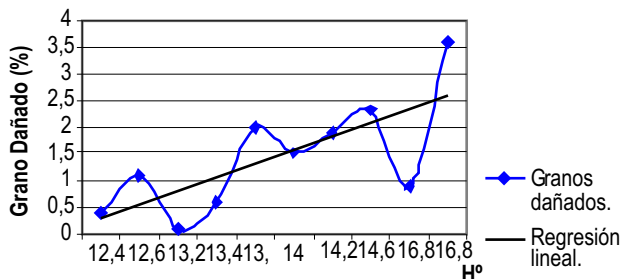
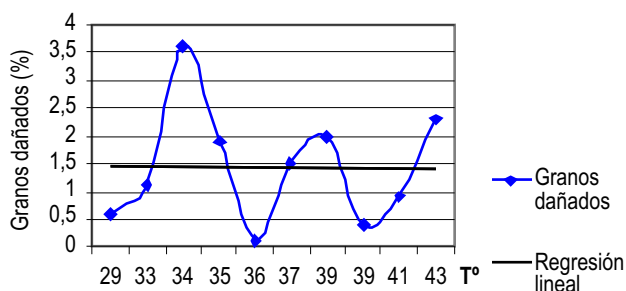


Figura 3. Disminución de la calidad según humedad de almacenaje

**Tabla 3** Calidad comercial y biológica de los granos, al inicio y final del periodo de ensayo.

Bolsa	Fecha	Mat. Ext.	Tierra	Queb./Part.	<b>Dañados</b>	Energía	Humedad
Bolsa 1	12/05/2006	0,23	-	9,2	0,5	85	14,6
	07/02/2007	0,25	-	9,6	2,8	78	15,2
Bolsa 2	12/05/2006	0,43	-	12,2	0	86	12,6
	07/02/2007	0,38	-	12,1	1,1	80	13,6
Bolsa 3	12/05/2006	0,12	-	4,5	0,7	91	13,8
	07/02/2007	0,33	-	3,9	2,7	83	12,5
Bolsa 4	12/05/2006	0,24	-	2,5	1,8	89	14
	07/02/2007	0,43	-	2,4	3,3	84	15,1
Bolsa 5	12/05/2006	s/d	s/d	s/d	s/d	92	11,8
	07/02/2007	s/d	s/d	s/d	s/d	88	12
Bolsa 6	11/12/2006	0,22	0,25	4,7	0,3	87	16,8
	11/12/2007	0,29	0,23	5,2	1,2	86	16,2
Bolsa 7	12/05/2006	0,12	-	2,1	0,6	89	13,2
	07/02/2007	0,08	-	2	0,7	89	15,2
Bolsa 8	12/05/2006	0,67	-	4,2	1,1	84	13,4
	07/02/2007	0,54	-	4,2	1,7	79	12
Bolsa 9	12/05/2006	0,33	-	1,9	0,3	93	12,4
	07/02/2007	0,43	-	1,7	0,7	88	14,6
Bolsa 10	12/05/2006	0,64	-	3,8	0,3	86	16,8
	05/09/2007	0,42	-	3,3	3,9	81	16,2
Bolsa 11	12/05/2006	0,33	-	6,1	0,8	79	14,2
	07/02/2007	0,56	-	6,5	2,7	75	15,5
Bolsa 12	12/05/2006	s/d	s/d	s/d	s/d	83	12,9
	07/02/2007	s/d	s/d	s/d	s/d	80	13,4



**Figura 4.** Disminución de la calidad del grano en función de la Temperatura final del grano

No se observa relación con respecto a la temperatura final de la bolsa.

### Conclusiones

De todas las bolsas analizadas ninguna tuvo problemas de almacenaje que pudieran resultar restrictivas para la adopción de esta tecnología.

Del análisis de este ensayo se pueden sacar las siguientes conclusiones:

- Ante condiciones restrictivas de almacenaje (alta humedad inicial y primavera-verano con altas temperaturas), no se presentaron deterioros en el grano que representen pérdidas en el valor comercial del producto.
- Se revalida el concepto de que, la elección del lugar en que se ubicará la bolsa y el cuidado posterior de la misma es fundamental para realizar con éxito el proceso.
- El deterioro de los granos embolsados está relacionado con la humedad al momento del embolsado.

### **Referencias bibliográficas**

- Clemente, G; Casini, C.; Pagliero, M. Quartucci, J. 2002. Efecto de la Temperatura Exterior sobre la Atmósfera Interior del Sistema Silo-Bag, durante el Almacenamiento de Granos. INTA E.E.A. Manfredi; Villa Nueva S.A. in [www.agrositio.com](http://www.agrositio.com) .
- Casini, C. 2002. Guía para almacenar grano en bolsas plásticas. Información técnica Proyecto eficiencia de cosecha y postcosecha de grano. INTA Manfredi. 4 pp.
- Rodríguez, J.; Bartosik, R.; Malinarich, H.; Exilart, J. 2002. Almacenaje de granos en bolsas plásticas, girasol. Resumen Informe Final. INTA E.E.A. Balcarce. BsAs. Argentina. 8 pp.





## Campaña 2005/06 embolsado de soja: evolución de la temperatura y su impacto en la calidad del almacenaje

Ing. Agr. Diego Valdéz.  
INTA E.E.A. Las Breñas.

### Introducción:

Durante la campaña 2005/6 la producción de soja de la republica Argentina fue de unas 40.537.364 toneladas, y de 14.445.538 t de maíz, de las cuales la provincia del Chaco produjo unas 1.396.000 y 221.280 t respectivamente, parte de esa producción, 28% aproximadamente, se almacenó en bolsas plásticas, dado que este sistema le da al productor el control de su producción, y de poder vender de acuerdo a sus necesidades o expectativas de precios. Posibilita un almacenamiento diferenciado con escasa inversión en estructura. Principalmente en maíces con valor agregado (maíces oléico, maíces colorados, etc.), muy difundidos en esta región.

En el NEA, y en particular en la producción de maíz, es una alternativa factible para el almacenaje con vistas a la utilización para consumo animal y/o ventas alternativas a la entrega a puerto (plantas de alimentos balanceados, ventas para consumo regional, etc.).

Es además, este sistema, una alternativa imprescindible para los denominados "productores sin tierra" o "pooles" de siembra, ya que en esta región es muy significativa la participación de este tipo de explotaciones económicas.

Teniendo en cuenta que el periodo de cosecha en el NEA se extiende desde los meses de enero a julio para los diferentes cultivos que se siembran en la región. Arrancando en Enero - Febrero con Girasol; Abril - Mayo - Junio para el caso de Soja, y Junio - Julio con Maíz, presentando estos periodos amplitudes térmicas muy considerables, con temperaturas máximas y mínimas que van desde los 44°C en febrero a -11°C en Julio.

Por tales motivos, se realizaron en el área de influencia de la E.E.A. Las Breñas ensayos tendientes a determinar la calidad del almacenaje de los granos de maíz y soja a través del seguimiento de las variables; calidad del grano y ambiente interior del silo ante condiciones críticas de almacenaje como alta humedad inicial de grano y condiciones climáticas restrictivas. Además de analizar el efecto de protección mediante el uso de media sombra, para minimizar los efectos de la radiación solar y la temperatura midiendo su impacto en el almacenaje.



## **Materiales y métodos:**

**Lugar:** Establecimiento agrícola "Don Enrique SRL", ubicado en Paraje Las Piedritas, departamento 9 de Julio, provincia de Chaco.

**Tipo de grano:** Soja destinada a la comercialización. Variedad Munasqa

**Humedad de almacenaje:** Se confecciono un silo de aproximadamente 160 toneladas. En donde se almacenó, en un sector soja con 13,9% de humedad, ha dicho sector se le instalo protección de media sombra (CMS), y posteriormente se almaceno soja con 14,2%, a este sector del silo no se le colocó protección de media sombra (SMS).

**Fecha de embolsado:** El embolsado se realizó el día 15 de mayo de 2006 y la toma de muestras se comenzó el día 19 de mayo de 2006.

**Fecha de extracción:** Se realizó la extracción de los granos el día 05 de febrero de 2007. En ambos sectores del silo (con y sin media sombra) las condiciones del grano no presentaban ninguna alteración que disminuyera su calidad comercial.

## **Observaciones:**

Se registró desde el inicio del ensayo hasta la extracción de los granos, con una periodicidad de alrededor de 30 días las variables:

- Humedad del grano embolsado.
- Temperatura del grano, esta medición se realizó a una profundidad de 10 cm (superficial) y a 70 cm de profundidad (profunda).
- Temperatura ambiente media diaria del día que se tomó la medición. También se tomaron muestras para realizar análisis de energía germinativa y calidad comercial al inicio y al final del ensayo.

### **Instrumental:**

Se utilizó el siguiente instrumental:

- Medidor de temperatura del espacio intergranario marca Stragton.
- Medidor portátil de humedad de grano marca Tesma.
- Termómetro portátil con sensor tipo sonda.

### **Análisis estadístico:**

Se analizaron estadísticamente las variables:

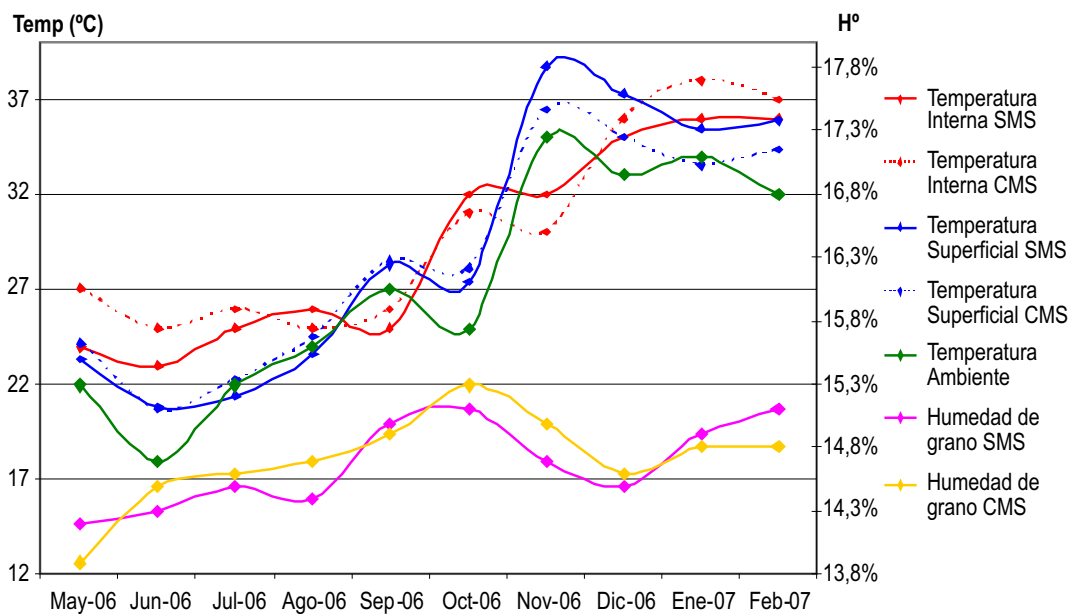
- Temperatura del grano a nivel ambiente del interior del silo, a nivel superficial y en profundidad.
- Energía germinativa, al inicio y al final del ensayo.
- Calidad comercial, al inicio y al final del ensayo.

Para evaluar el efecto de los distintos tratamientos sobre estas variables se efectuó un análisis de la varianza (ANOVA). La comparación entre los tratamientos se realizó a través del Test de Duncan con un nivel de significación del 5%.

## Resultados y discusión:

En la Figura 1 se observa la evolución de la temperatura del silo a nivel superficial y en profundidad, en sus variantes con y sin protección de media sombra.

También se grafica la temperatura ambiente media del día en que se realizó la medición y la humedad del grano, dentro del silo.



**Figura 1.** Evolución de la Temperatura y la Humedad en soja almacenada en bolsas plásticas con y sin cobertura de media sombra en diferentes profundidades del grano.

Considerando la temperatura de los granos, no existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos con y sin media sombra.

La evolución de la humedad del grano, no está relacionada con la temperatura superficial ni con la del interior del silo.

Se observa que, la temperatura superficial del silo, realiza una evolución prácticamente idéntica a la de la temperatura ambiente.

La temperatura del interior del silo evoluciona, en un aumento constante, desde el embolsado hasta el fin del ensayo, y guarda una relación directa con las fluctuaciones de la temperatura ambiente.

La Tabla 1 muestra, los componentes de la calidad comercial del grano embolsado y la energía germinativa como indicador de la calidad biológica.

Al comparar los tratamientos al inicio y fin del ensayo, sólo se observan diferencias estadísticamente significativas en el rubro granos dañados, dentro de los rubros comerciales considerados (Materias extrañas, Tierra, Quebrados y/o partidos, y Humedad) es el único que se afecta con el almacenamiento propiamente dicho, cuando se almacena con contenidos de humedad no seguros. Tanto en el tratamiento con media sombra, que presenta un incremento de 0,75 puntos porcentuales, como en el que

**Tabla 1.** Variación de parámetros de calidad y biológicos en granos almacenados en Bolsas plásticas

Rubros de Calidad y Condición para comercialización de granos	Con media sombra		Sin media sombra	
	19/05/2006	05/02/2007	19/05/2006	05/02/2007
Materias extrañas	0,45 a	0,43 a	0,38 a	0,41 a
Tierra	-	-	-	-
Quebrados y/o partidos	9,50 a	8,90 a	9,20 a	9,2 a
Dañados	2,52 a	3,27 b	2,45 a	3,35 b
Humedad	13,9 a	14,5 a	14,2 a	14,9 a
Calidad Biológica				
Energía Germinativa	86 a	82 a	89 a	78 a

no dispone dicha protección, en donde el incremento es de 0,9 puntos porcentuales. Esta disminución de calidad no representa ninguna disminución en el valor del producto, ya que no alcanza al 5%, nivel mínimo establecido por la base estatutaria de comercio de soja para aplicar rebajas.

### Conclusiones

A través de los datos obtenidos en el presente trabajo y observaciones realizadas a campo, se puede concluir:

- Después de nueve meses de almacenaje y con valores de humedad del grano levemente superior a la de recibo no existen problemas para la conservación de soja.
- La temperatura de la superficie del silo varía de acuerdo a las variaciones de la temperatura ambiente diaria, estas variaciones son más amplias y fluctuantes que las realizadas en el interior de la bolsa. Aún así no son suficientes para producir deterioro en la calidad de los granos. Solamente produce deterioros cuando se combina con alta humedad y con imperfecciones en el armado y conservación de la bolsa ("lomos y pinchaduras de la bolsa").
- La protección con media sombra no produjo mejoras estadísticamente significativas en la temperatura superficial de las bolsas plásticas, y ninguna mejora en el grano almacenado.
- Para las condiciones del ensayo (considerando humedad y tiempo de almacenaje y condiciones ambientales), la calidad de la confección y el cuidado de la bolsa determinarían el tiempo de almacenamiento seguro.

### Referencias bibliográficas

- Clemente, G; Casini, C.; Pagliero, M. Quartucci, J. 2002. Efecto de la Temperatura Exterior sobre la Atmósfera Interior del Sistema Silo-Bag, durante el Almacenamiento de Granos. INTA E.E.A. Manfredi; Villa Nueva S.A. in [www.agrositio.com](http://www.agrositio.com).
- Casini, C. 2002. Guía para almacenar grano en bolsas plásticas. Información técnica Proyecto eficiencia de cosecha y postcosecha de grano. INTA Manfredi. 4 pp.
- Casini, C. y Rodríguez, J.C. 2005. Atmósfera modificada. Cit in SOJA. Eficiencia de Cosecha y Postcosecha. Manual Técnico N°3. Ed. M. Bragachini y C. Casini. P 219-229.
- Rodríguez, J. y Bartosik, R. 2000. Almacenaje de granos en bolsas plásticas. Ensayo de simulación. EEA INTA Balcarce. Informe interno. Inédito.

**- Córdoba. E.E.A. Manfredi:**

- **Soja**
- **Maíz**
- **Tecnología específica**

# Estudio del efecto de la media sombra sobre la calidad de los granos de soja y maíz, con alta humedad, almacenados en bolsas plásticas.

Cristiano Casini<sup>1</sup> y Ricardo Accietto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>INTA E.E.A. Manfredi; <sup>2</sup>FCA - Univ. Nac. De Córdoba.

## Introducción

El almacenamiento en bolsas plásticas es una metodología que se introdujo en el país en el año 1995, y desde ese momento ha ido incrementándose la cantidad de toneladas que se conservan bajo este sistema de almacenamiento.

El almacenamiento en bolsas plásticas es una metodología que se introdujo en el país en el año 1995, y desde ese momento ha ido incrementándose la cantidad de toneladas que se conservan bajo este sistema de almacenamiento.

Al igual que en los sistemas tradicionales de almacenamiento, la temperatura y en especial el contenido de humedad de los granos juegan un papel preponderante en la conservación de los granos. Por diversos motivos, muchas veces se deben confeccionar las bolsas con granos que poseen un contenido de humedad por encima del de la base de recibo, establecidos como condición para un almacenaje seguro, dado la relación directa entre la humedad del grano y la Humedad Relativa (HR) del ambiente. Las humedades base de recibo están establecidas para que la HR del ambiente intergranario no supere el 70%, establecido como límite para el desarrollo de hongos y bacterias, a mayor temperatura, menor tiene que ser la humedad del grano para que el aire intergranario no supere el valor límite de HR. Por otra parte, si bien las bolsas plásticas tienen una cobertura de dióxido de Titanio para refractar la energía incidente, y una gran superficie expuesta, que le permite disipar el calor, en algunas zonas agro- ecológicas de nuestro país las condiciones ambientales al momento de cosechar y durante el período de almacenamiento hacen que sea necesario hacer énfasis en mantener estos dos parámetros en niveles aceptables para la conservación de los granos. Sobre todo en aquellas épocas del año donde existe una alta fluctuación de la temperatura media diaria, que acentúa los procesos de migración de humedad generando condensación de agua que se acumula en la parte inferior de la bolsa. Por esta razón el siguiente ensayo trata de ver la evolución de la temperatura dentro del perfil y su variación con respecto al momento en el cual transcurre el almacenaje, en granos almacenados con alto contenido de humedad. También se aplicó cobertura de media sombra sobre las bolsas plásticas para ver el efecto sobre la calidad de los granos almacenados.

## Materiales y métodos

Para alcanzar los objetivos se realizaron 2 ensayos en la E.E.A. Manfredi, Prov. de Córdoba. En el primer caso se Almacenó soja y maíz con altos contenidos de humedad en bolsa comercial de 9 pies. El segundo ensayo se efectuó con silos en pequeña escala (235 Kg c/u) con granos de maíz.

### 1) Bolsa plástica de tamaño comercial.

Se almacenó soja con una humedad de grano del 17% (21 m. lineales de silo) y a continuación del mismo silo se colocó maíz con una humedad de grano del 16 % (25 m. lineales de silo).

La fecha de almacenamiento: Soja el 26 de mayo y Maíz el 2 de junio del 2003.

Se tomó la muestra inicial y luego se efectuaron siete muestreos desde la fecha inicial.

Los muestreos se efectúan en tres niveles: Superior, medio e inferior. Se toman muestras cada 5 m. lineales de silo en tres repeticiones.

Se colocaron sensores de temperatura en seis lugares diferentes (tres para soja y tres para maíz) y en dos niveles de profundidad: superficial y medio.

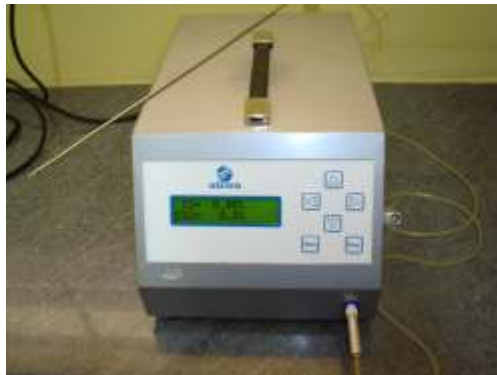
Con fecha 8 de julio del 2003 se colocó la cobertura con media sombra (primera etapa), cubriendo 6 metros del silo con soja y 7 m. del silo con maíz.

En el día 17 de octubre, se colocó el segundo tramo de media sombra de 7 m., con el fin de comparar diferentes fechas de cobertura y su efecto sobre el medio ambiente de la bolsa.

Además, se tomaron las observaciones de humedad y temperatura interior del silo.

Sobre las muestras obtenidas se realizaron las determinaciones de calidad: Humedad del grano, poder germinativo, vigor y peso hectolítrico. Además se enviaron, parte de las mismas, a los laboratorios externos para las determinaciones de micotoxinas (Aflatoxinas).

Finalmente, mediante el empleo de un analizador de gases, marca Abiss LS212 (Figura 1), se tomaron mediciones de concentración de Oxígeno y Anhídrido Carbónico en el interior de la bolsa.



**Figura N° 1.** Analizador de gases Abiss LS 212

## **Resultados y discusión.**

### **1- Bolsas plásticas de tamaño comercial.**

En este ensayo se realizaron 7 muestreos. Sobre la muestra tomada se determinó la humedad de los granos, el Peso Hectolítrico, Poder Germinativo (Normas ISTA) y Vigor (por Longitud de plántulas).

Si observamos la Tabla 1, para MAÍZ; notamos en primer lugar que no hay mucha variabilidad en la humedad del grano entre las diferentes posiciones (arriba y abajo) y entre las diferentes fechas de muestreo. Pero en los últimos muestreos vemos una mayor concentración de humedad en los granos almacenados bajo la media sombra.

Siguiendo con el análisis, considerando el Peso Hectolítrico, hay una mínima tendencia a disminuir el



mismo con el transcurrir el tiempo. Este efecto se nota mas en el maíz de arriba de la bolsa. Igualmente, hay una tendencia favorable hacia el maíz que está almacenado bajo la media sombra. En esta medición no hay diferencias entre las fechas de colocación de la media sombra (1° vs. 2° fecha).

Observando en la misma Tabla, los valores del PG, notamos una diferencia significativa entre las fechas de los muestreos, entre los cuales hay una tendencia negativa a medida que transcurre el tiempo. Además es muy notoria la diferencia entre el nivel superior y el inferior. El PG disminuye en mayor proporción en la parte superior de la bolsa. Esto se debe al efecto directo de la temperatura resultante de la radiación incidente sobre el plástico que a veces sobrepasa los 50°C, algo similar sucede con el vigor.

En la Tabla 2, en el almacenamiento de SOJA, vemos que el PH presenta una tendencia negativa con el tiempo, lo que se manifiesta en mayor proporción en los granos ubicados en la parte de arriba de la bolsa. Aquí hay valores favorables de los granos bajo la media sombra que los expuestos al aire libre. No se encuentran diferencias entre las fecha de sombreado.

Siguiendo con la misma Tabla, vemos que el PG disminuye drásticamente con el tiempo. El efecto más nocivo se observa en el nivel superior de la bolsa, en donde la semilla llega al final del ensayo sin germinar, es decir totalmente muerta. En el vigor, medido por la longitud de la plántula, se deprime entre los muestreos y en mayor proporción en la semilla de arriba que está expuesta al efecto de las temperaturas más altas. También se puede deducir que la media sombra fue favorable para mantener la calidad de la semilla, no habiendo diferencias entre las fechas de colocación de la media sombra.

**Tabla 1.** Almacenamiento en bolsas plásticas de maíz con alto contenido de humedad: efecto de la media sombra

MAÍZ abajo												
Fecha	% Humedad			P. Hectolítrico			P. Germinativo			Vigor		
	sin m.s.	m.s. 2°	m.s. 1°	sin m.s.	m.s. 2°	m.s. 1°	sin m.s.	m.s. 2°	m.s. 1°	sin m.s.	m.s. 2°	m.s. 1°
23/06/2003	15,6	15,4	15,3	73,3	73,8	75,7	90	98	97	11,5	11,7	10
25/07/2003	15,5	15,4	15,3	73,3	73,8	75,7	88	87	93	11,1	11,7	11,2
15/08/2003	15,3	15,1	15,6	72,9	73,5	75,2	83	85	89	10,1	10	10,4
25/09/2003	15,8	16	16,3	72,5	73,2	74,7	83	88	80	11,7	11,8	10,1
30/10/2003	15,8	15,4	16	73,3	74,2	73,9	68	88	80	7,3	8,4	8,8
09/12/2003	15,8	15,1	15,9	73,7	73,8	73,5	73	88	80	8,5	9,1	9,8
28/01/2004	14,7	15,7	16,2	73,2	73,6	73,9	69	84	78	4,4	5,2	6,3

MAÍZ arriba												
Fecha	% Humedad			P. Hectolítrico			P. Germinativo			Vigor		
	sin m.s.	m.s. 2°	m.s. 1°	sin m.s.	m.s. 2°	m.s. 1°	sin m.s.	m.s. 2°	m.s. 1°	sin m.s.	m.s. 2°	m.s. 1°
23/06/2003	15,2	14,6	15,3	74,3	75,4	75,5	95	98	97	10,5	11	11,6
25/07/2003	15,2	14,6	15,3	74,3	75,4	75,5	95	95	100	11,6	13,2	12,5
15/08/2003	15,3	14,8	14,4	73,6	75,4	75,2	85	92	95	8,3	11,2	11,3
25/09/2003	15,8	14,4	16	72,9	75,4	74,9	88	98	95	12	12,4	11,4
30/10/2003	15,7	14,8	16	72,8	75,6	74,9	65	93	98	7,8	8,2	8,5
09/12/2003	14,3	14,8	15,3	72,2	74,4	73,9	70	93	93	8,3	9,4	9,8
28/01/2004	14,6	15,8	16,4	72,1	72,4	73,3	21	34	39	5,2	6,7	6,2

**Referencias:** (ver referencias en la tabla 2)

**Tabla 2.** Almacenamiento en bolsas plásticas de soja con alto contenido de humedad: efecto de la media sombra.

SOJA abajo												
Fecha	% Humedad			P. Hectolítrico			P. Germinativo			Vigor		
	sin m.s.	m.s. 2°	m.s. 1°	sin m.s.	m.s. 2°	m.s. 1°	sin m.s.	m.s. 2°	m.s. 1°	sin m.s.	m.s. 2°	m.s. 1°
23/06/2003	17,2	16,2	15,9	66,5	67,2	68,1	88	87	93	14,1	14,4	15,8
25/07/2003	17,2	16,2	15,9	65,9	67	68,1	87	75	87	11,1	11,7	11,2
15/08/2003	17,3	16,1	17,5	65,4	66,7	68	65	28	63	10,3	9,2	10,6
25/09/2003	16,7	16,2	17,7	64,9	66,3	67,9	50	33	55	15,1	14,5	13,9
30/10/2003	17,7	16,3	16,3	64,9	66,3	66,2	13	35	45	8,3	11,9	10,1
09/12/2003	18,1	16,2	16,4	63,8	66,7	67,3	3	23	23	6,7	8,9	9,3
28/01/2004	16,4	14,7	14,1	67	68,9	68,5	0	4	0	0	6,7	0

SOJA arriba												
Fecha	% Humedad			P. Hectolítrico			P. Germinativo			Vigor		
	sin m.s.	m.s. 2°	m.s. 1°	sin m.s.	m.s. 2°	m.s. 1°	sin m.s.	m.s. 2°	m.s. 1°	sin m.s.	m.s. 2°	m.s. 1°
23/06/2003	17,8	15,5	16,9	66,8	69,3	68,9	95	95	100	14,2	15,7	15,4
25/07/2003	17,8	15,5	16,9	66,3	68,1	68,7	83	82	82	11,6	13,2	12,5
15/08/2003	16,8	16,2	17,5	65,7	67,3	68,7	33	30	30	11,5	8,2	10,6
25/09/2003	16,2	14,4	14,4	65,1	66,5	68,7	40	18	33	12,9	15,3	13,9
30/10/2003	16,1	14,5	16,6	65,1	66,5	66,9	0	15	18	0,0	8,9	9,9
09/12/2003	18,4	16,2	16,4	62,6	67,7	66,7	0	10	10	0	8,3	8,9
28/01/2004	15,6	14,2	14,4	62	69,2	67,3	0	0	0	0	0	0

**Referencias:**

Sin m.s.: Sin media sombra  
 m.s. 1°: Con media sombra colocada en la primera fecha (08/07/04)  
 m.s. 2°: Con media sombra colocada en la segunda fecha (17/10/04).  
 Vigor: Medido en longitud de plántulas (cm).

Por otra parte, se realizó el relevamiento de las concentraciones de Oxígeno (O<sub>2</sub>) y anhídrido Carbónico (CO<sub>2</sub>) cada tres horas, comparando entre los diferentes tratamientos.

Los resultados se muestran en la Tabla 3, en el cual se observan los niveles de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> detectados en las diferentes situaciones planteadas durante dos días en el almacenamiento de SOJA. Los valores mas altos O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> se observan bajo la media sombra. Dentro de esta situación, la primera fecha de colocación de la sombra muestra una concentración mayor.

En el tiempo, no hay mucha diferencia entre las concentraciones de estos gases durante el transcurso de las horas del día.

Otro dato que está bien definido, es la mayor concentración de Oxígeno y la menor de Anhídrido Carbónico en el sector superior de la bolsa, manifestándose en las tres situaciones: aire libre, media sombra 1° y media sombra 2°. Esto podría tener una relación muy estrecha con la permeabilidad al O<sub>2</sub> que tiene el polietileno de la bolsa.

Para el caso del maíz, presenta el mismo patrón de concentración de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>.

En cuanto a la determinación de micotoxinas (Aflatoxinas), observamos en la Tabla 4 que en el caso de la SOJA ya venía contaminada de campo, como se ve en los resultados obtenidos sobre el muestreo inicial (32/06/03). En dicha oportunidad la soja mostraba contaminación de 20 ppm (nivel bajo) y en los otros muestreos, en términos generales, la concentración se mantuvo igual. Es decir, que si bien los granos estaban contaminados desde el campo, luego durante el almacenamiento no crecieron.

Mientras que en el MAÍZ, presenta pequeñas concentraciones de Aflatoxinas en el segundo y tercer muestreo, que probablemente hayan surgido de la misma contaminación de campo.

Es necesario considerar que para la detección de micotoxinas, los muestreos deben ser muy intensos ya que la dispersión de éste inóculo es muy heterogénea. De acuerdo a esto, podemos afirmar que la contaminación ya venía de campo y que por ser de una concentración muy baja, no fue posible detectarla por la intensidad del muestreo aplicada.

Finalmente, con respecto a las observaciones de la Evolución de Humedad Relativa (HR) y Temperatura interna de la bolsa, observamos en la Figura 1 (SOJA) que a nivel superficial de la bolsa, hay una mayor variabilidad (amplitud térmica) en el sector donde la bolsa está expuesta al aire libre. De la misma forma vemos que la HR interna de la bolsa concentra mayor humedad en ese ambiente, cuando no existe la media sombra, durante las primeras hora de la mañana, cuando la temperatura baja. Este efecto provoca la concentración de humedad, en la parte superior de la bolsa y con las altas temperaturas que se registran sobre la bolsa (50° C) produce un efecto de envejecimiento acelerado que deteriora el grano en mayor proporción que cuando la bolsa está cubierta con la media sombra.

Además, el efecto de la media sombra mejora la performance del plástico ya que se mantiene más estable ante las variaciones de temperatura exterior. Estas variaciones, cuando la bolsa está expuesta al sol directamente (alta temperatura), cambian las propiedades del polietileno haciéndolo más permeable al Oxígeno.

**Tabla 3.** SOJA - Monitoreo de Oxígeno y dióxido de Carbono -28 al 29/ 01/ 04

Día	Con media sombra 1° fecha								
	Arriba			medio			abajo		
	Hora	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Hora	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Hora	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>
28-ene	9:30	0	32,8	9:34	0	34,1	9:38	0	34,7
28-ene	11:34	0,08	32,5	11:35	0,03	33,9	11:37	0	34,8
28-ene	14:24	0,27	32,1	14:25	0	33,8	14:27	0	34,6
28-ene	18:26	0,97	31,1	18:28	0,01	33,9	18:30	0	34,3
28-ene	20:38	0,37	31,4	20:39	0	33,9	20:41	0,03	35
29-ene	0:14	0,38	31,5	0:16	0,07	33,8	0:18	0,07	34,1
29-ene	2:24	0,12	32,1	2:26	0,09	33,6	2:27	0,04	34,1
29-ene	6:48	0,13	32,3	6:50	0,05	34,1	6:52	0,02	34,5
29-ene	8:48	0,15	32,1	8:50	0,16	33	8:52	0,01	34,1

Sin media sombra									
Día	arriba			medio			abajo		
	Hora	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Hora	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Hora	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>
28 - ene	9:30	0	32,8	9:34	0	34,1	9:38	0	34,7
28 - ene	11:34	0,08	32,5	11:35	0,03	33,9	11:37	0	34,8
28 - ene	14:24	0,27	32,1	14:25	0	33,8	14:27	0	34,6
28 - ene	18:26	0,97	31,1	18:28	0,01	33,9	18:30	0	34,3
28 - ene	20:38	0,37	31,4	20:39	0	33,9	20:41	0,03	35
29 - ene	0:14	0,38	31,5	0:16	0,07	33,8	0:18	0,07	34,1
29 - ene	2:24	0,12	32,1	2:26	0,09	33,6	2:27	0,04	34,1
29 - ene	6:48	0,13	32,3	6:50	0,05	34,1	6:52	0,02	34,5
29 - ene	8:48	0,15	32,1	8:50	0,16	33	8:52	0,01	34,1

Con media sombra 2° fecha									
Día	arriba			medio			abajo		
	Hora	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Hora	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Hora	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>
28-ene	9:20	0	28,5	9:24	0	29,2	9:28	0	30
28-ene	11:23	0	29	11:27	0	29,5	11:29	0	29,7
28-ene	16:12	0,13	29	16:15	0	29,9	16:17	0	29,8
28-ene	18:20	0,06	29	18:22	0	29,8	18:24	0	30,5
28-ene	20:32	0,14	28,8	20:34	0	29,7	20:35	0,04	30,1
29-ene	0:08	4,15	23,5	0:10	0,6	28,7	0:12	0,13	29,8
29-ene	2:21	2,48	26,6	2:17	0,54	28,7	2:19	0,27	29,8
29-ene	6:49	0,95	27,7	6:44	0,49	29,2	6:46	0,47	29,3
29-ene	8:41	0,75	27	8:43	0,57	28,4	8:45	0,47	29,2

**Tabla 4.** Determinación de Aflatoxinas en soja almacenada en bolsas plásticas.

Especie	Posición	23/06/2003	15/08/2003	28/01/2004
Soja	sin m.s. arriba	0	20	40
	sin m.s. abajo	20	8	40
	m.s. 1ª arriba	20	0	20
	m.s. 1ª abajo	20	4	20
	m.s. 2ª arriba	18	0	40
	m.s. 2ª abajo	20	8	12

**Tabla 5.** Determinación de Aflatoxinas en maíz almacenado en bolsas plásticas

Especie	Posición	23/06/2003	15/08/2003	28/01/2004
Maíz	sin m.s. arriba	0	0	12
	sin m.s. abajo	0	12	10
	m.s. 1ª arriba	0	0	10
	m.s. 1ª abajo	0	8	8
	m.s. 2ª arriba	0	0	0
	m.s. 2ª abajo	0	0	0

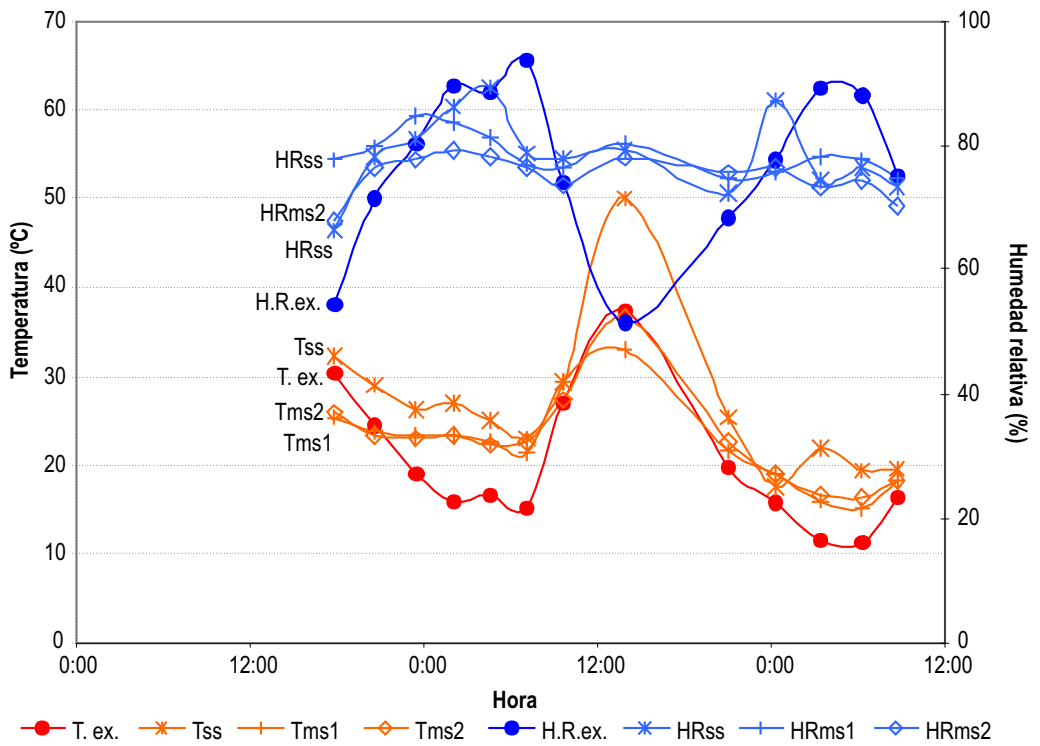


Figura 1. SOJA (nivel superficial) - Monitoreo de temperatura y HR (29-31/10/03)

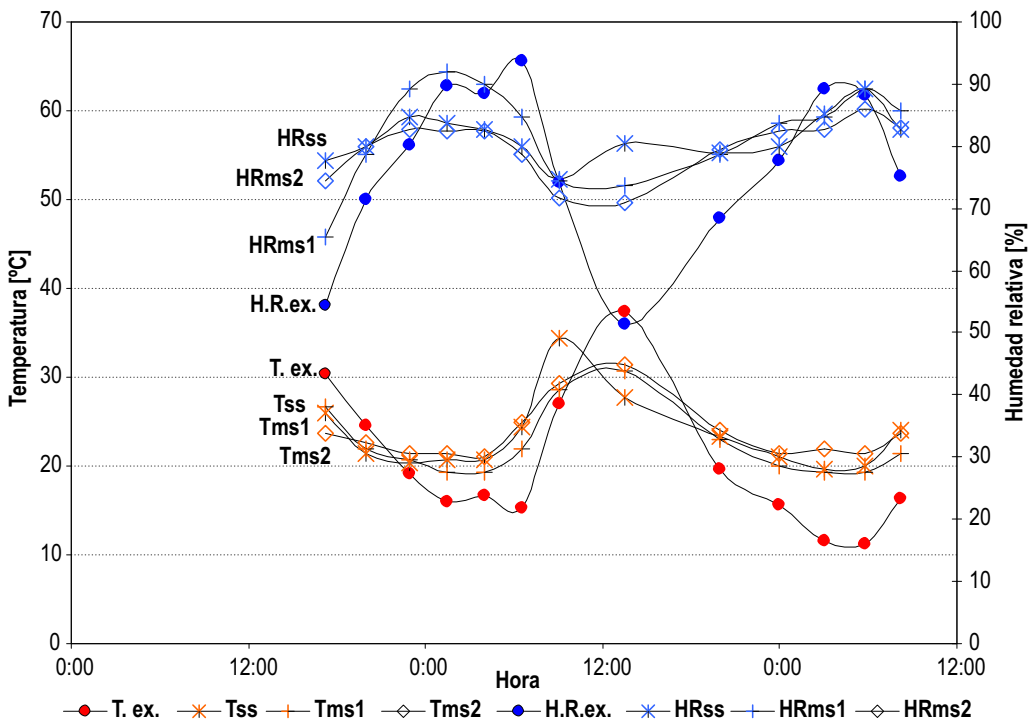


Figura 2. MAÍZ (nivel superior) - Monitoreo temperatura y HR (29-31/10/03)

## Conclusiones

La media sombra fue eficiente en disminuir el deterioro de los granos y semillas de soja y maíz, almacenados en bolsas plásticas. Los resultados, no muestran una diferencia significativa entre las dos fechas de montado de la media sombra.

Tanto en el maíz como en la soja, se nota una tendencia al deterioro de los granos, en el largo plazo cuando están almacenados con un contenido de humedad superior a la de recibo.

Los parámetros de calidad evaluados, fueron lo suficientemente sensibles para detectar los cambios ocurridos por los tratamientos experimentados.

### 2) Bolsas plásticas de tamaño reducido.

En este experimento se utilizó solamente maíz. Se armaron 18 bolsas, de tamaño reducido, conteniendo 230 kg de maíz cada una.

Se determinaron tres tratamientos, correspondiendo a tres humedades de grano: 14 %, 16 % y 18%. El maíz originalmente contenía 17 % de humedad de grano, por lo que fue necesario secar al aire libre para obtener el valor del 14 %. Por otra, se humedecieron artificialmente los granos para obtener el valor del 18 %.

Se establecieron tres repeticiones para cada tratamiento. Se colocó un censor de temperatura en un solo nivel por bolsa. Estos sensores almacenaron los datos cada hora en un Datalogger.

Se efectuaron tres muestreos: 23/06/03, 04/08/03 y 04/09/03.

Sobre las muestras obtenidas se realizaron las determinaciones de calidad: Humedad del grano, poder germinativo y peso hectolítrico.

Los resultados se pueden observar en las siguientes Tablas, donde se comparan los valores de % (BH) humedad del grano en base húmeda, % BS (humedad del grano en base seca), PH (Peso Hectolítrico), P.G. % (Poder Germinativo), Vigor (medido por la longitud de la plántula) y el D.E. (Desvío estándar). Estos valores comparados en tres fechas diferentes de muestreos.

## Resultados y discusión

Si observamos las Figuras 5 y 6, se nota el efecto negativo de la humedad del grano sobre al PG y el PH. Además, comparando las diferentes fechas, vemos que la disminución de la calidad se presenta con mayor notoriedad en los granos más húmedos.

Este concepto se afirma en las Figuras 7 y 8, donde se nota la correlación negativa que tiene la humedad con la calidad medida en PG y el PH.

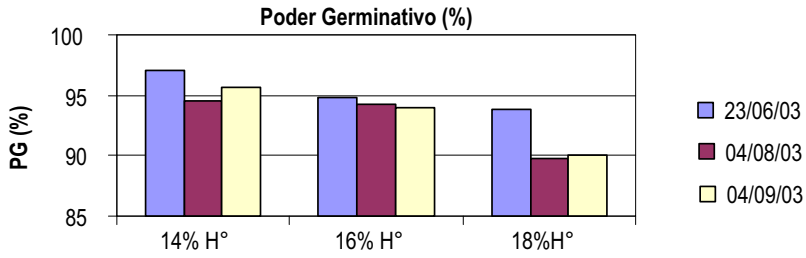


Figura 5. Evolución del PG de maíz almacenado en bolsas plásticas con diferentes contenidos de humedad.

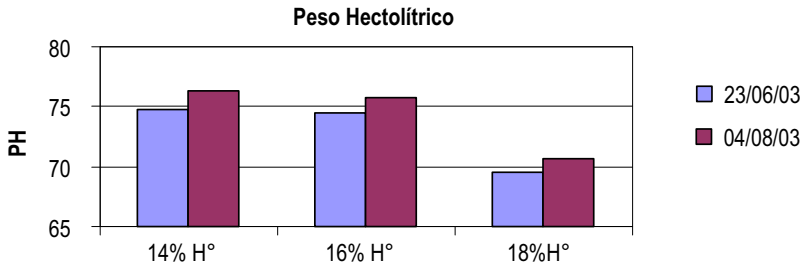


Figura 6. Evolución del PH de maíz almacenado en bolsas plásticas con diferentes contenidos de humedad.

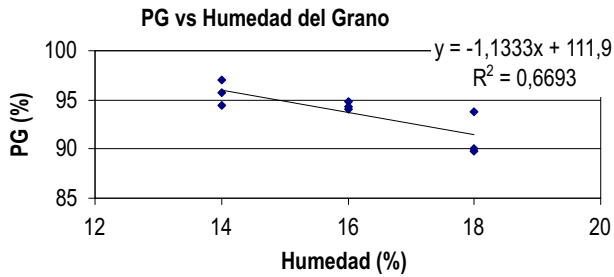


Figura 7. Correlación entre la humedad del grano y el PG, en maíz almacenado en bolsas plásticas con diferentes contenidos de humedad.

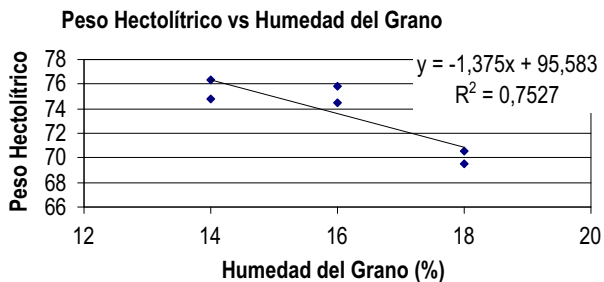


Figura 8. Correlación entre la humedad del grano de maíz y el Peso Hectolítrico del maíz almacenado en bolsas plásticas con diferentes contenidos de humedad.

## Conclusiones

Con este ensayo, se pudo comprobar el efecto negativo que tiene el contenido de humedad de los granos en la calidad de los mismos. Hay un efecto de deterioro de la calidad, proporcional al contenido que tienen los granos.

## Referencias bibliográficas

- CASINI, C. 1985. La semilla de soja. Revista de la Asociación Argentina de la Soja 5(4): 20-30.
- COPELAND, L. and MC. DONALD, M. 1985. Principles of seed science and technology. 2<sup>nd</sup> ed. Mac Millan. New York. EE.UU. 321 pp.
- CREA. 1989. Producción de soja. Cuaderno de Actualización Técnica 41. Buenos Aires. Argentina. 136 pp. !\,
- VIALE, J. A. 1996a. Factores que constituyen y afectan al ecosistema del almacenamiento. Desarrollo Argentino 72: 16-25.





## **Estudio del efecto de la media sombra sobre la calidad de los granos de maíz y soja, con alta humedad, almacenados en bolsas plásticas.**

Cristiano Casini Diego Mauricio Santa Juliana  
INTA E.E.A. Manfredi

### **Introducción**

Las bolsas plásticas desde su introducción en el país en el año 1995, ha ido incrementando su participación dentro de los sistemas de almacenamiento de granos, como dato en la campaña 2000/01 se produjeron en Argentina unas 65.160.603 millones de toneladas sumando los 6 principales cultivos (soja, maíz, trigo, girasol, sorgo y arroz) de las cuales un 3%, es decir unas 2 millones de toneladas se almacenaron en bolsas plásticas. Para la campaña 2003/04 la producción Argentina fue de 67.976.734 millones de toneladas, de esta cantidad un 22% (15 millones de toneladas) están almacenadas en bolsas plásticas para granos secos.

Como se desprende del párrafo anterior, la participación de las bolsas como sistema de almacenamiento va incrementándose a través de los años, a su vez la producción del país, ya sea por aumentos en los rindes o por incorporación de nuevas superficies para la siembra de cultivos, va en aumento, estimándose para la campaña 2010/11 una producción de 110 millones de toneladas.

Esto hace que sea cada vez más importante poder entender y manejar los diferentes factores que condicionan la calidad final de los granos.

Al igual que en los sistemas tradicionales de almacenamiento la temperatura, y en especial el contenido de humedad de los granos, juegan un papel preponderante en la conservación de los mismos en bolsas plásticas. Por diversos motivos, muchas veces se almacenan granos que poseen un contenido de humedad por encima del de la base de recibo, establecidos como condición para un almacenaje seguro, dado la relación directa entre la humedad del grano y la Humedad Relativa (HR) del ambiente. Esto provoca una mayor actividad metabólica, mayor respiración y mayor producción de dióxido de Carbono, este incremento a su vez va acompañado por un incremento en el número de colonias de hongos. Los mismos se hacen presentes cuando la HR del aire intergranario sobrepasa el 70%, y la producción de micotoxinas no se produce hasta que no se alcanzan valores del 85% de HR, y temperaturas entre 25 y 27 grados centígrados.

Estos dos factores incrementan la respiración, en el caso de la humedad, el agua hidrata los tejidos de los granos, favoreciendo una mayor difusión de gases, lo que acelera la respiración. Y en el caso de la temperatura, el incremento es más que proporcional de la respiración con respecto a un aumento en la temperatura del granel. Por lo tanto la combinación de altas temperaturas y humedad provocan un deterioro muy importante cuya significancia va en función del tiempo que se prolonguen las condiciones antes mencionadas.

Los objetivos de este trabajo son: Estudiar la evolución de la calidad, y del ambiente interior de la bolsa cuando se almacenan soja y maíz, con alto contenido de humedad, en bolsas de tamaño comercial.

Comparar diferentes tipos de cobertura sobre las bolsas a fin de atenuar el efecto de la temperatura exterior sobre los granos almacenados.

## **Materiales y Métodos**

### **1) Almacenamiento de maíz en bolsa plástica de tamaño comercial.**

Los ensayos se establecieron en la Estación Experimental del INTA, en Manfredi (Prov. de Córdoba). Se trato de verificar si existe variación de Poder germinativo (P.G.), variable que es afectada en forma inmediata ante cualquier alteración que sufra la semilla durante su almacenaje. Con respecto a la ubicación de los granos dentro del silo, en esta oportunidad se tuvieron en cuenta dos posiciones, superior e inferior, y también se trato de verificar si existe algún efecto de la cobertura sobre el P.G., para los ensayos se probaron tres variables, sin cobertura, con cobertura de media sombra y cobertura de media sombra tardía.

Se almacenó Maíz en cuatro bolsas de tamaño comercial de aproximadamente 35.000 Kg cada una, con una humedad de grano que varió entre el 17,1 y el 17,9 %. La fecha de almacenamiento del Maíz fue entre 1 y 2 de Julio del 2004. Se tomó la muestra inicial y luego se efectuaron siete muestreos desde la fecha inicial.

Los muestreos se efectúan en tres niveles: superior, medio e inferior. Se toman muestras cada 5 m. lineales de silo, en tres repeticiones.

Se colocaron sensores de temperatura en un lugar (medio) de cada bolsa y en tres niveles de profundidad, parte superior media e inferior respectivamente, la toma de datos se realizaron durante la mañana, medio día y tarde, además de incluir el valor de temperatura externa (ambiente).

En dos silos se colocaron coberturas de media sombra (80%). Se colocó en la bolsa N° 2 una media sombra como fecha temprana de cobertura (24 de Agosto del 2004), y se colocó en la bolsa N° 4 otra media sombra, como fecha tardía (24 de Octubre de 2004). En ambos casos, cubriendo la totalidad de la bolsa.

Se realizaron mediciones de concentración de Oxígeno y dióxido de Carbono a todos los tratamientos, en diferentes momentos tratando de determinar si existía alguna correlación con los demás parámetros, como cobertura y momento de aplicación.

También se realizaron mediciones de concentración de estos gases en diferentes profundidades dentro de la masa granaria en los diferentes tratamientos, tratando de comprobar si existía alguna diferencia, y que factor era el posible generador de la misma.

#### **Observaciones realizadas:**

Calidad inicial del grano:

- **Humedad**
- **Poder germinativo (PG)**
- **Peso hectolítrico**
- **Aflatoxinas (solamente al inicio y al final del ensayo)**

Ambiente interior de la bolsa:

- **Humedad relativa (HR)**
- **Temperatura**
- **Concentración de Oxígeno (O<sub>2</sub>) y dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>)**

## Calidad Comercial del Maíz:

Luego de finalizado el ensayo se entregaron las muestras de cada bolsa a la Cámara de Cereales y Afines de Córdoba, con el fin de analizar la calidad comercial del maíz que se entregó para la venta.

### 2) Almacenamiento de soja en bolsa plástica de tamaño comercial.

Se usó una bolsa plástica comercial de 9 pies de diámetro y llenada con 120 t de Soja, el día 8 de julio del 2004. Estos granos provenían de un silo de chapa con 3 meses de almacenamiento y con una humedad inicial del 11,6 %. La calidad de la soja era muy mala, por lo que se decidió realizar un ensayo complementario introduciendo bolsitas de 1 Kg con granos de soja de mejor calidad en el silo grande. Se utilizaron dos tipos de bolsitas, unas de rejilla de plástico (permeables) y otras de Polietileno de 90 micrones de espesor (impermeables). Estas bolsitas fueron colocadas en tres lugares diferentes, donde más tarde se colocarían las diferentes coberturas. En cada lugar se implantaron tres muestras (3 repeticiones) de cada tipo de bolsa, en la parte superior, contra la cara interna de la bolsa, para ver el efecto de la hermeticidad y tener una mejor pauta de como se afecta la calidad cuando se parte de una condición inicial normal.

Posteriormente en la bolsa se demarcaron tres sectores en los cuales se determinaron tres tratamientos de cobertura: 1) Cobertura con una manta de plástico (bolsa plástica usada para almacenar granos), montada en una estructura tipo carpa, separada 40 cm de la bolsa; 2) Cobertura con manta de aluminio, montada sobre la bolsa. 3) Sin cobertura, expuesta al aire libre. Estos tratamientos se realizaron el 10 de Enero del 2005. Al mismo tiempo se colocaron las muestras de soja en envases pequeños.

### Observaciones realizadas

Calidad inicial y final del grano del grano:

- Humedad
- Poder germinativo
- Peso hectolítrico

Ambiente interior de la bolsa:

- Temperatura (parte superior, Este y Oeste de la bolsa)
- Concentración de Oxígeno (O<sub>2</sub>) y dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>)

### Resultados

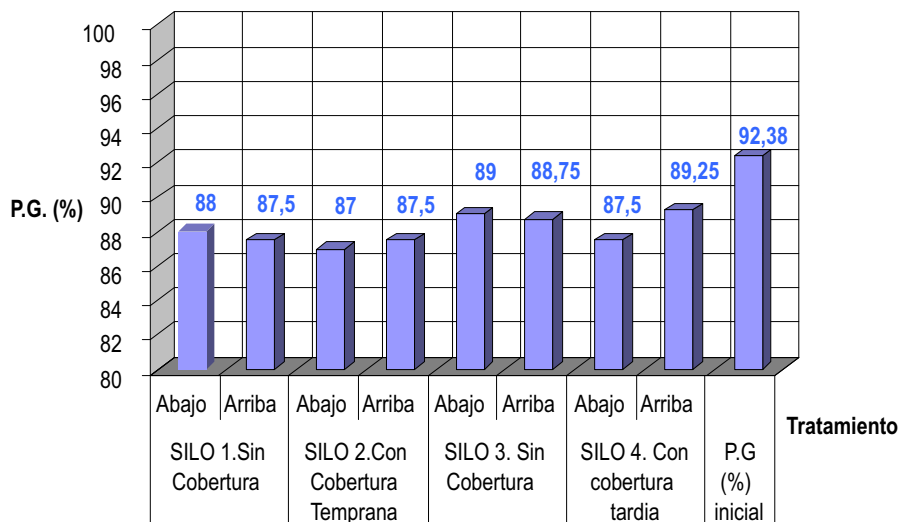
#### Resultados obtenidos en Maíz:

Tabla 1. calidad inicial de maíz almacenado el 1 y 2 de julio de 2004

Silo	Humedad (%)	Poder Germinativo (%)	Peso Hectolítrico (kg./hl.)	Aflatoxinas
1	17.5	93	78	ND
2	17.4	92	76	4 ppm
3	17.2	92	77	ND
4	17.6	92	78	ND

Como se observa en la Tabla 1 la calidad inicial del maíz fue buena. En el tema de Aflatoxinas, una de las muestras del silo N° 2 muestra un valor de 4 ppm. Es un nivel bajo, y se destacó que esta contaminación proviene de campo y no tuvo nada que ver con el tipo de almacenamiento.

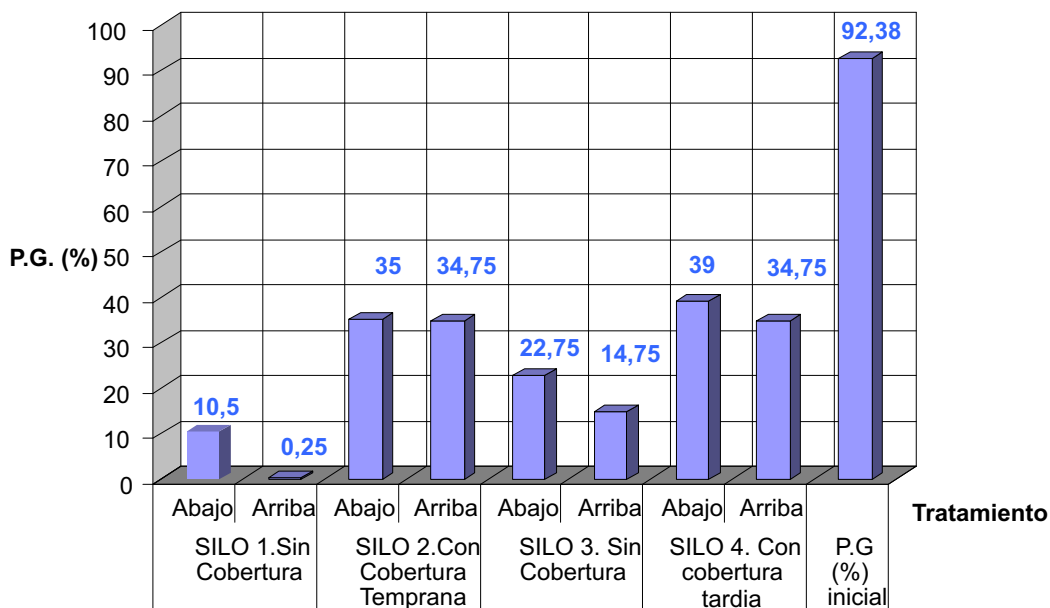
**Calidad inicial del grano:** Los resultados de los ensayos se muestran en la Figura 1.



**Figura 1.** Influencia de la posición y cobertura sobre P.G.

De los datos obtenidos, se llega a la conclusión, que no existe interacción entre la posición del grano dentro del silo o el tipo de cobertura, aunque hubo un descenso del P.G. con respecto al inicio del ensayo, primero de julio de 2004, con respecto al momento del análisis, realizado el 15 de septiembre de 2005.

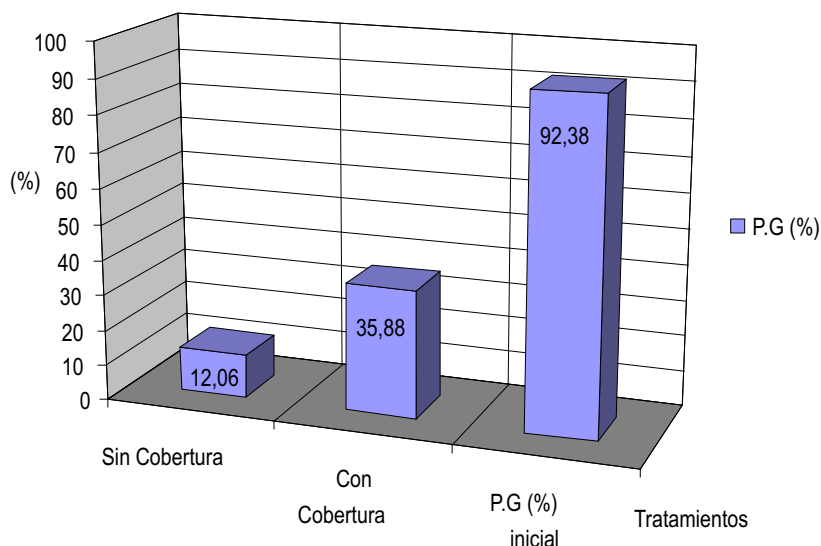
El mismo ensayo se realizó el día 9 de marzo de 2005 obteniéndose los siguientes resultados mostrados a través de la la Figura 2.



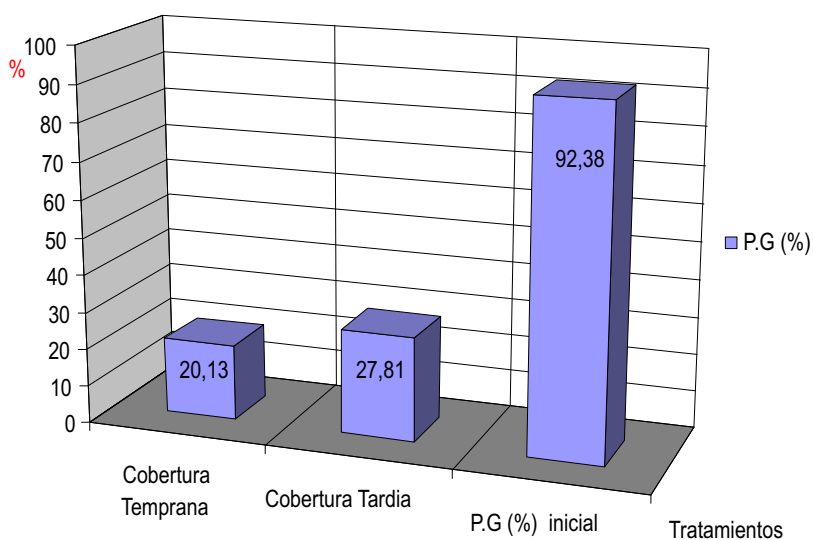
**Figura 2.** Influencia de la posición y cobertura sobre P.G.

El análisis estadístico muestra que no hay una interacción entre las variables evaluadas pero existe una tendencia favorable a la preservación del grano durante el almacenamiento bajo cobertura donde el tratamiento con cobertura posee un P.G. superior al de los tratamientos sin coberturas, se debe tener en cuenta que el material utilizado en este ensayo poseía al momento de ser ensilado una humedad promedio de 17,4%, valor que no es recomendable para conservar granos, sobre todo si el destino final es ser utilizado como semilla.

De los datos recolectados el día 28 de abril de 2005 se desprende que existen diferencias significativas entre tratamientos (con y sin cobertura), como se puede observar en la Figura 3, y Figura 4 respectivamente..



**Figura 3.** Influencia de la cobertura sobre P.G.



**Figura 4.** Influencia del momento de aplicación de la cobertura sobre P.G.

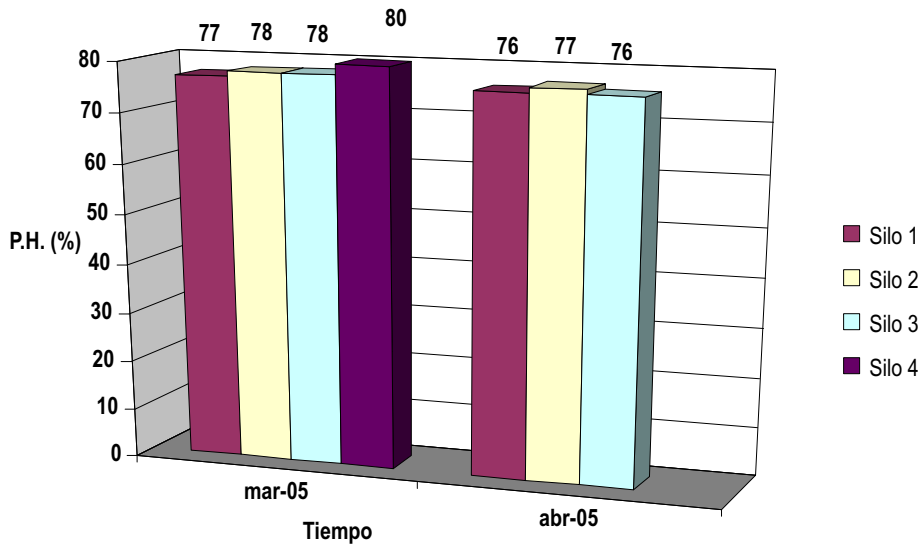


Figura 5. Evolución de P.H. (kg/hl.) de maíz comparando diferentes fechas de muestreo. Ensayo silo bolsa 2004/2005

### Ambiente interior de la bolsa:

#### Humedad Relativa:

Los datos se agruparon por silo, en donde no se observó una tendencia clara (Figura 6), sin embargo se pudo ver una tendencia cuando se agruparon por nivel dentro de cada tratamiento de cobertura, donde en los niveles medio e inferior la humedad relativa desciende conforme transcurren las horas del día y aumenta la temperatura.

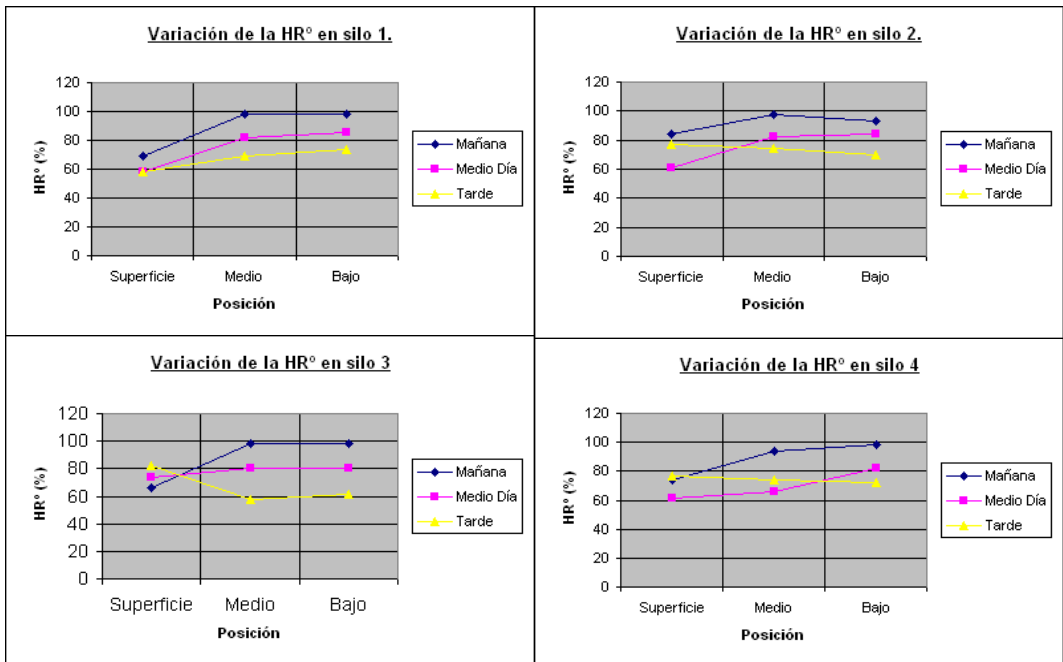


Figura 6. Variación de La H.R. en bolsas plásticas con y sin cobertura de media sombra.

## Temperatura interior de los granos en la bolsa

Resultados: se puede apreciar de acuerdo a los datos correspondientes que se muestran en la Figura 7, que en la mañana la temperatura externa es inferior a la que se registra en la parte interna superior del silo, este efecto produce la condensación de humedad en ese sector, con la consiguiente pérdida de calidad debido a procesos de fermentación no deseados y a la proliferación de colonias de hongos, levaduras y bacterias. Por otra parte la temperatura dentro del silo varía de acuerdo a la temperatura externa, pero esta variación no es simultánea, sino que existe un retardo dentro del silo por el hecho de que los granos son malos conductores del calor.

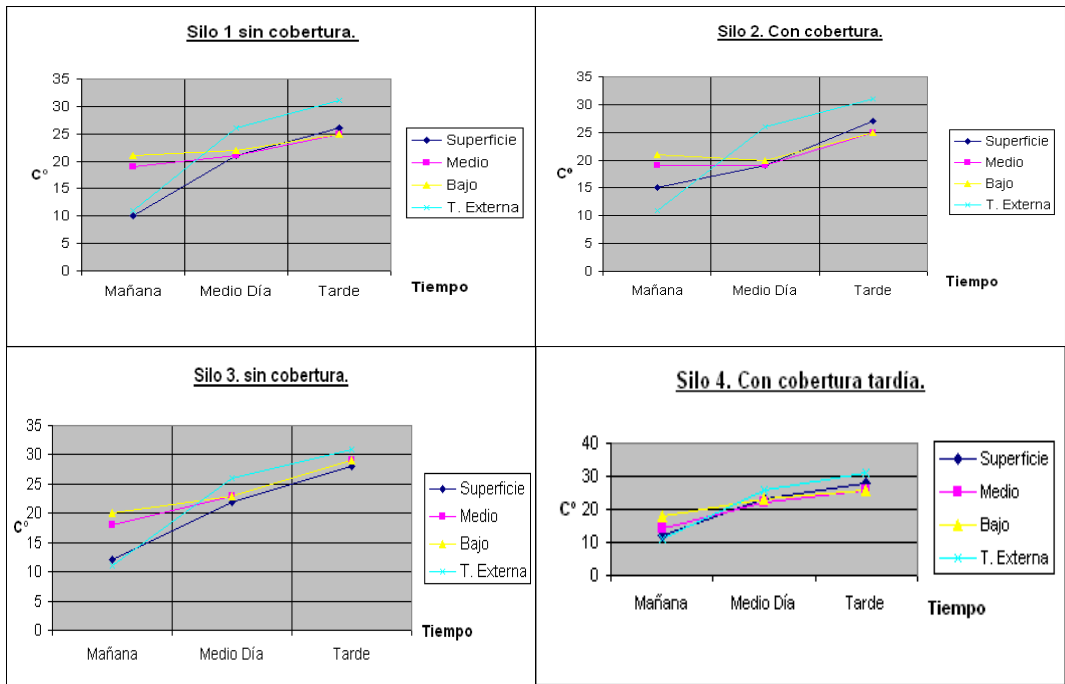


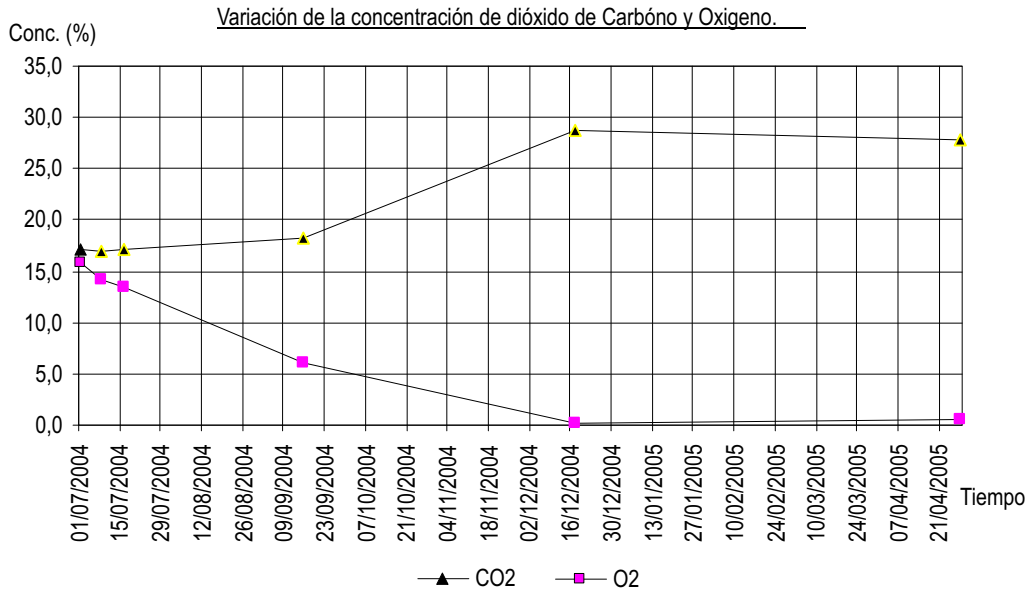
Figura 7. Variación de la temperatura en granos almacenados en bolsas plásticas con y sin cobertura de media sombra.

## Dióxido de Carbono y Oxígeno:

Del análisis de los datos surge una relación entre el contenido de  $O_2$  y  $CO_2$ , se puede concluir que la hermeticidad del sistema de almacenaje y la respiración de los granos (incrementada por el alto contenido de humedad de los granos) provocaron un descenso de la concentración de  $O_2$  y un aumento de la concentración de  $CO_2$ , tal como lo muestran la Figura 8.

No obstante, no existieron diferencias significativas cuando se evaluó a la cobertura o momento de aplicación de la misma, como a su vez no se observan diferencias significativas entre la concentración de estos gases y la profundidad dentro de la masa granaria en los diferentes tratamientos.





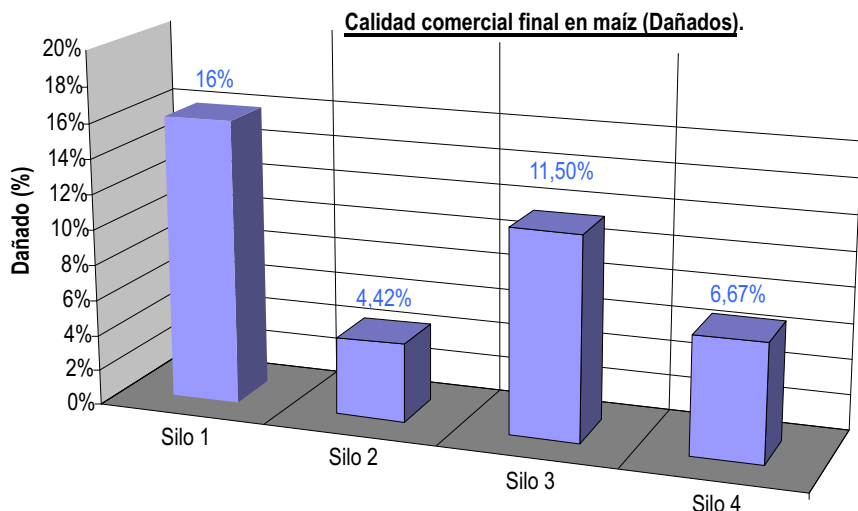
**Figura 8.** Evolución de la concentración de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> en bolsas plásticas.

### Calidad comercial final de maíz:

Luego de finalizados los ensayos, el día 02 de mayo de 2005 se extrajeron muestras de los cuatro silos, para un análisis de calidad de acuerdo a las normas estatutarias impuestas por el S.E.N.A.S.A. en lo que respecta a la comercialización de granos. De los análisis realizados por la Cámara de Cereales y Afines de Córdoba se realizó una tabla resumen donde figuran todos aquellos rubros, tanto de calidad (que dan grado a la mercadería) como de condición (que determinan si una mercadería es aceptada o rechazada por el comprador), que pueden ser afectados durante el almacenaje.

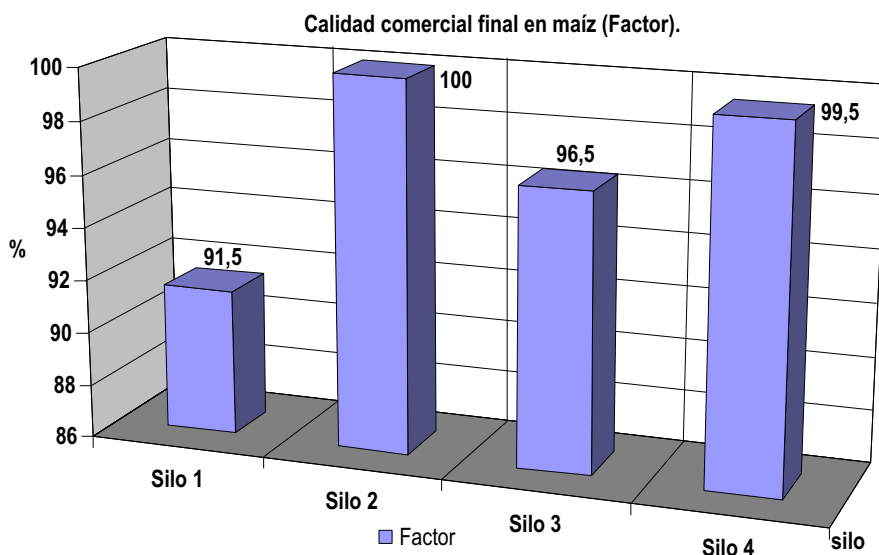
**Tabla 10.** Calidad comercial, rubros de condición y calidad que son afectados durante el almacenaje.

Rubros Analíticos	Silo 1	Silo 2	Silo 3	Silo 4
Peso Hectolítrico (kg.)	76,9	76,4	77,3	78,6
Dañados	16%	4,42%	11,50%	6,67%
Picados	0%	0%	0%	0%
Arbitraje olor	0,50%	0%	0%	0,50%
Arbitraje amohosado	0%	0%	0%	0%
Arbitraje revolcado	0%	0%	0%	0%
Factor	91,5	100	96,5	99,5
Grado	3 (fuera de estándar)	2	3 (fuera de estándar)	3 (fuera de estándar)



**Figura 9.** Porcentaje de dañado en tratamientos con y sin cobertura.

En la Tabla 10 y Figura 9 podemos observar que los tratamientos con cobertura de media sombra (Silos 2 y 4) tienen un porcentaje menor de grano dañado, con respecto a los tratamientos que no contaron con la cobertura. (Había un espacio de más) Esto se debe a que, los tratamientos con media sombra tuvieron una amplitud térmica menor a los tratamientos sin sombra, y esto disminuyó el efecto de condensación de humedad en la parte superior. En las bolsas sin cobertura cuando aumenta la temperatura exterior disminuye la humedad ambiente interior del silo, en los momentos de menor temperatura del día la humedad interior aumentaba consecuentemente, y se producía una condensación de humedad en la parte superior deteriorando los granos. A su vez, y teniendo en cuenta al estándar de comercialización de maíz, para los silos 1 y 3 (sin cobertura) el porcentaje de dañado superó la base mínima establecida en 8% para Grado 3, por lo tanto se comercializan como fuera de estándar, con el consecuente castigo económico. Para el caso de los silos con cobertura los niveles de dañado los gradúan, en el caso del silo 2 como Grado 2, y Grado 3 para el maíz del silo 4 para el rubro dañados.



**Figura 10.** Variación del factor de los tratamientos con y sin cobertura plástica.

-El factor es el porcentaje del precio pizarra que se va a pagar por la mercadería, es decir, a modo de ejemplo, que en el caso del silo 1 se va a pagar un 91.5% del precio de la pizarra que se toma como referencia al momento de la operación de venta del grano.

Aquí se observa que los tratamientos con cobertura de media sombra (Silos 2 y 4) tienen una ganancia en precios promedio de 5,75 %, con respecto a los silos sin cobertura.

### **Resultados obtenidos en Soja:**

Con respecto al ensayo realizado en soja con los dos tipos de envase y dos tipos de coberturas, con tres repeticiones para cada tratamiento, se realizó, el poder germinativo para observar si existe alguna respuesta a los tratamientos, los resultados se muestran en la Tabla 11.

**Tabla 11.** Variación de la concentración de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> en función del tiempo

Fecha	O <sub>2</sub> (Promedio)	CO <sub>2</sub> (Promedio)
16-07-04	15,05	0,4
26-07-04	14,68	0,6
17-12-04	10,17	4,2

**Tabla 11.** Variación del Poder Germinativo en soja con respecto al tipo de envase.

Tipo Envase \ Cobertura	P.G (%) *
Nylon c \ Cobertura Plástica	0
Nylon s \ Cobertura	0
Nylon c \ Cobertura de Aluminio	0
Red c \ Cobertura Plástica	49
Red s \ Cobertura	41,17
Red c \ Cobertura de Aluminio	34,67

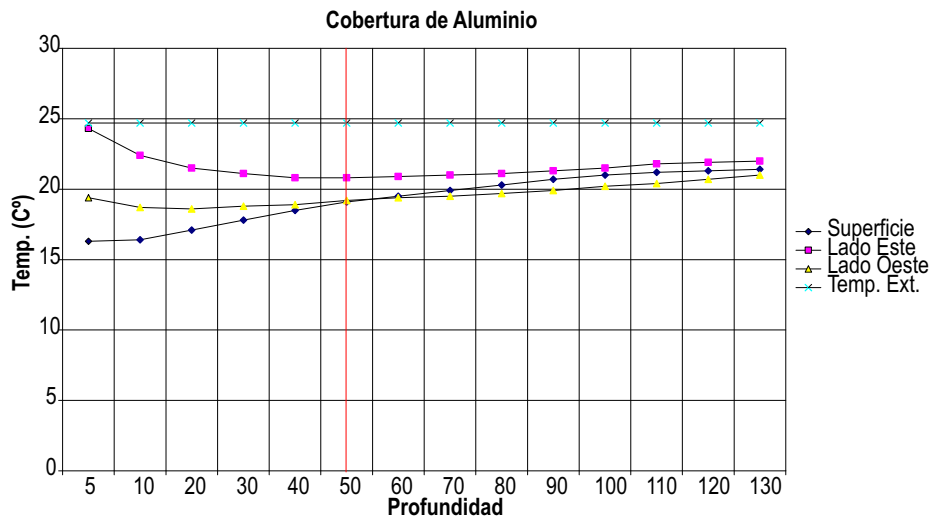
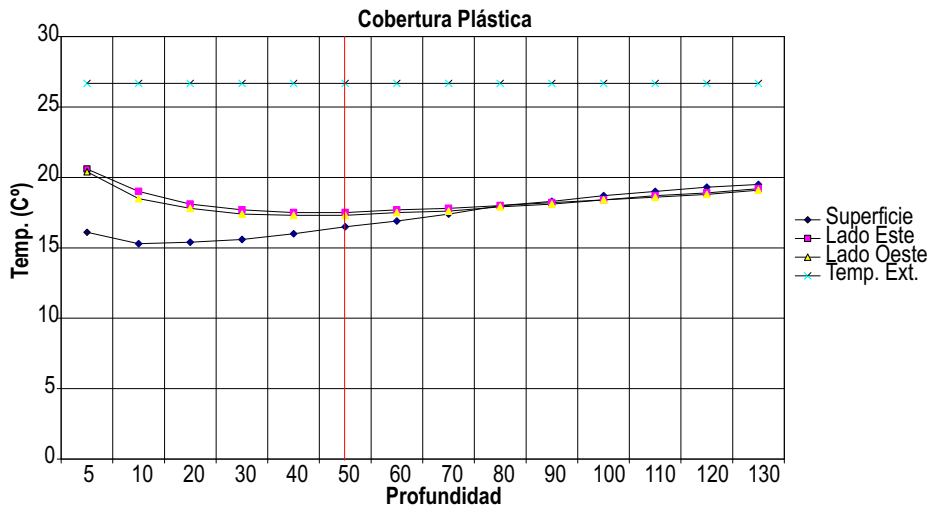
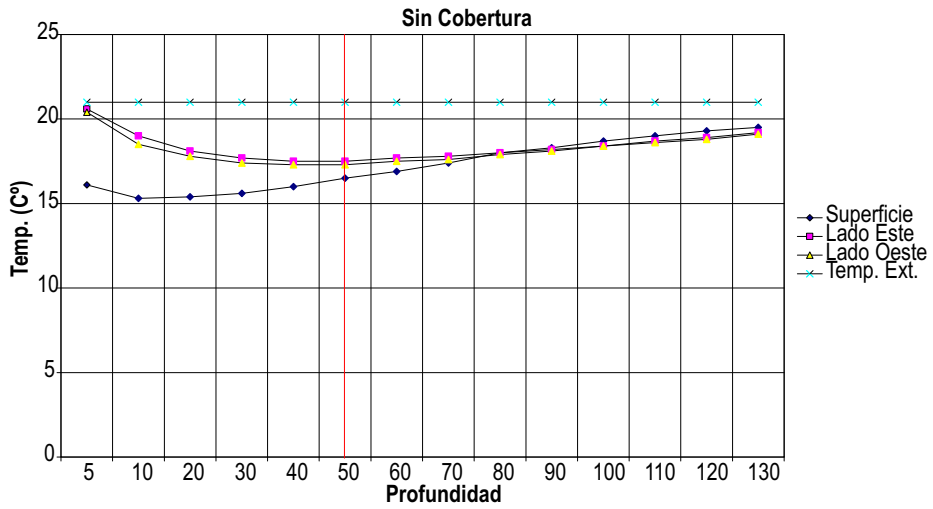
De los resultados se desprende que existieron diferencias significativas (Test: Duncan- $\alpha$ : 0,05), respecto al tipo de envase, es decir, entre la bolsa de polietileno y la bolsa de red, donde se puede observar que el P.G. dentro de las bolsas impermeables (polietileno) fue cero sin importar el tipo de cobertura, a diferencia del envase de red, donde si bien el P.G. disminuyó con respecto a la muestra original marca una diferencia significativa con respecto al otro tipo de envase. Esto puede deberse a que la ausencia total de oxígeno provocada por la hermeticidad de la bolsa de nylon provocó la muerte de las semillas, esto implica que la bolsa plástica es permeable en cierto grado a los gases, también se puede ver que no hay efecto del tipo de cobertura.

Por otra parte, si observamos la variación de la temperatura (Tabla 12) en los diferentes sectores de la bolsa (arriba, lado este y lado oeste) vemos que hay una gran variabilidad de los valores debido al momento en que se produce la insolación. Pero hay un patrón para todas las posiciones, y es que la variación de la temperatura se produce en los primeros 50 centímetros desde la superficie de la bolsa. Luego a mayor profundidad se estabiliza la temperatura, mostrando un mejor comportamiento la cobertura plástica.

**Tabla 12.** Variación de la temperatura según el sector y la cobertura de la bolsa. Tomada entre la 8 y 12 horas de la mañana del día 28 de Abril del 2005.

Con cobertura Aluminio				Con cobertura plástica			
Temperatura ( C°)				Temperatura ( C°)			
Superficie	Lado Este	Lado Oeste	Temp. Ext.	Superficie	Lado Este	Lado Oeste	Temp. Ext.
16,3	24,3	19,4	24,7	16,1	20,6	20,4	26,67
16,4	22,4	18,7	24,7	15,3	19	18,5	26,67
17,1	21,5	18,6	24,7	15,4	18,1	17,8	26,67
17,8	21,1	18,8	24,7	15,6	17,7	17,4	26,67
18,5	20,8	18,9	24,7	16	17,5	17,3	26,67
19,1	20,8	19,2	24,7	16,5	17,5	17,3	26,67
19,5	20,9	19,4	24,7	16,9	17,7	17,5	26,67
19,9	21	19,5	24,7	17,4	17,8	17,6	26,67
20,3	21,1	19,7	24,7	18	18	17,9	26,67
20,7	21,3	19,9	24,7	18,3	18,2	18,1	26,67
21	21,5	20,2	24,7	18,7	18,4	18,4	26,67
21,2	21,8	20,4	24,7	19	18,7	18,6	26,67
21,3	21,9	20,7	24,7	19,3	18,9	18,8	26,67
21,4	22	21	24,7	19,5	19,2	19,1	26,67

Sin cobertura				
Prof.	Temperatura ( C°)			
(cm.)	Superficie	Lado Este	Lado Oeste	Temp. Ext.
5	10,8	20	17,7	21
10	11,5	18,1	15,9	21
20	13	17,6	15,5	21
30	14,1	17,5	15,5	21
40	15,1	17,6	15,7	21
50	15,9	17,7	16	21
60	16,6	18	16,3	21
70	17,3	18,3	16,7	21
80	17,9	18,7	17,1	21
90	18,4	19	17,4	21
100	18,8	19,3	17,8	21
110	19,2	19,7	18,2	21
120	19,5	20	18,5	21
130	19,7	20,3	18,8	21



### Conclusiones:

- 1) La cobertura con media sombra fue efectiva para mantener la calidad de los granos de maíz y soja. En Maíz hubo una ganancia neta por calidad del 5,75 % en el precio comercial final.
- 2) La presencia de Aflatoxinas se presentó en la muestra inicial y hubo una pequeña presencia en niveles muy bajos en muestras que se tomaron posteriormente a la fecha de almacenamiento.
- 3) La concentración de CO<sub>2</sub>, fue superior en los silos de maíz con granos almacenados con niveles de humedad alta. Mientras en el silo de soja con granos muy secos, el nivel de CO<sub>2</sub> alcanzado no controlaría efectivamente los insectos.
- 4) Las diferentes coberturas utilizadas para atenuar el efecto de la temperatura exterior fueron efectivas, siendo la cobertura con la manta plástica la más eficiente.

### Bibliografía

- Casini, C.; Bragachini, M. y Cuniberti, M. 1996. Ensayo de simulación de almacenamiento de trigo en silo "Bag". Proyecto: Intensificación en la Producción de Granos - INTA EEA Manfredi. Córdoba Argentina. 4 pp.
- Casini, C. 2003. Guía para almacenar granos secos en bolsas plásticas. Proyecto Regional: Producción Agrícola Sustentable. INTA EEA Manfredi. Córdoba, Argentina. 4 pp.
- Casini, C. 2003 a. Silos Bolsa. Almacenamiento. Seed News. Revista Internacional de Semillas. Año VII - N° 2; Marzo-Abril 2003. Pelotas, Brasil. pp: 20-22.
- Chistensen, M.C. y Sauer, B.D. 1982. Microflora. In: Storage of Cereal Grains and Their Products. ed. by Christensen, C. M. American Association of Cereal Chemists, Inc. Minnesota, USA. 7: 219-240.
- Copeland, L. O. Y McDonald, M.B. 1985. Seed vigor and Vigor Tests. In. Principles of Seed Science and Technology. Macmillan Pub. Co. USA. 7: 121 – 144.
- Di Rienzo, J.; Guzmán, W.; y Casanoves, F. 2001. D.G.C., Test de Comparación de Medias. InfoStat Versión 1.1/Profesional. Grupo InfoStat. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Córdoba. Argentina, 2002.
- Halloin, M.J. 1986. Microorganisms and seed deterioration. In: Physiology of Seed Deterioration. Crop Science Society of America, Inc. Wisconsin, USA. 5: 89-99.
- Hyde, M. B. y Burrell, N. J. 1982. Controlled atmosphere storage. In: Storage of Cereal Grains and Their Products. ed. by Christensen, C. M. American Association of Cereal Chemists, Inc. Minnesota, USA. 13: 443-478.
- Yanucci, D. 2002. El Granel: Factores que afectan su conservación. En Conservación de Granos y Semillas en Post-cosecha. Granos y Postcosecha Latinoamericana, de la Semilla al Consumo. Libro de Actualización Técnica N° 3. 1:10-54.



## Efecto de la cobertura sobre granos de maíz almacenados con alto contenido de humedad en bolsas plásticas

Cristiano Casini, Diego Mauricio Santa Juliana. INTA E.E.A. Manfredi. Córdoba.

### Introducción:

El almacenamiento en bolsas plásticas es un sistema que se introdujo en el país en el año 1995, y desde ese momento ha ido incrementándose la cantidad de toneladas que se conservan bajo este método.

Entre los factores que se observan con mayor incidencia negativa, en lo que se refiere a conservación de la calidad de los granos, nos encontramos con el contenido de humedad, y las variaciones de temperatura en la periferia de la masa de granos, la cual sigue la evolución de la temperatura externa. La sumatoria de estos factores es la principal causa de deterioro en los granos. Por esta razón el siguiente ensayo trata de ver la evolución de la temperatura dentro del perfil y su variación con respecto al momento en el cual transcurre el almacenaje, en granos almacenados con alto contenido de humedad. También se estudiará el efecto sobre la temperatura de los granos que ejerce la colocación de cobertura de media sombra sobre uno de los silos.

**Objetivo:** Determinar el efecto de la media sombra (cobertura) sobre granos almacenados con alta humedad en bolsas plásticas.

### Materiales y métodos:

El ensayo consistió en medir, dentro de las bolsas plásticas el efecto de la temperatura exterior y la radiación solar cuando se almacena granos con alta humedad. Para esto se confeccionaron en la localidad de Manfredi (Córdoba), el día 13 de julio, dos bolsas plásticas de 9 pies de diámetro y 12 metros de largo, ubicadas en el mismo área, se almacenó maíz con 16,7% de humedad y 18,8% respectivamente.

El día 26 de septiembre de 2005 se colocó sobre el silo que contiene maíz con 16,7% de humedad, una cobertura de media sombra, con un porcentaje de cobertura del 80%.

La cobertura se dispuso a unos 80 centímetros sobre la superficie de la bolsa

Para determinar la temperatura en el interior del silo se utilizó un equipo marca TermoTec modelo MD-O, que consta de una sonda de 1.3 mts. de largo graduada cada 10 cm.

Junto con cada medición de temperatura se tomaron muestras de grano para determinar Poder germinativo (PG) y Energía germinativa (EG).

### Resultados y discusión:

A continuación se detallan en las Tablas 1 y 2 los valores de temperatura para las diferentes profundidades, para las dos situaciones, con y sin cobertura de media sombra.



**Tabla 1.** Valores de temperatura para maíz con 16,7% de humedad, almacenado en bolsas plásticas con cobertura de media sombra.

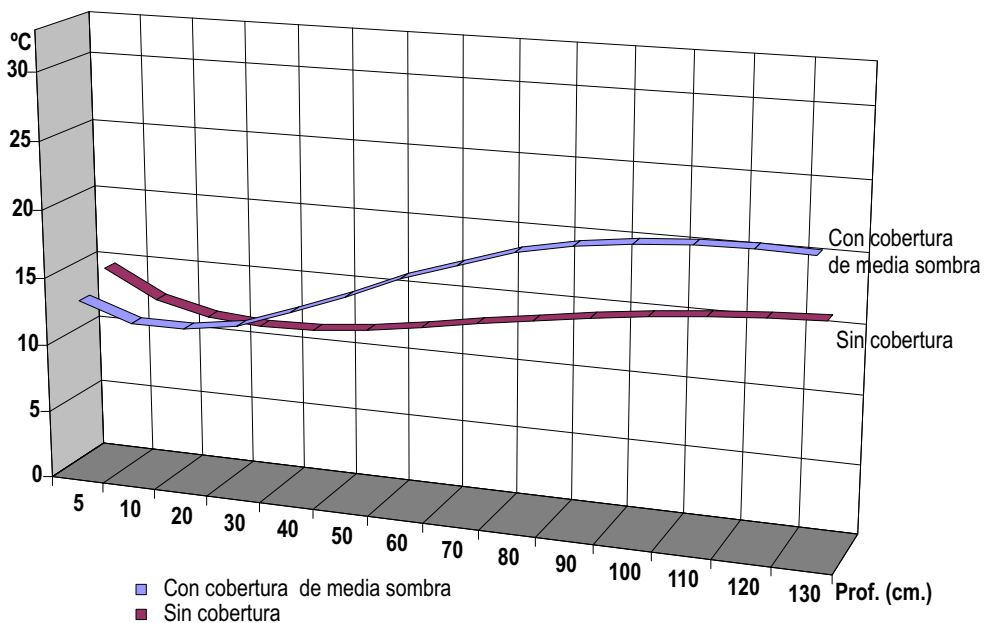
Silo con cobertura de media sombra (humedad 16,7%)					
Prof. (cm)	28-7-05	16-9-05	16-10-05	16-11-05	16-12-05
5	13,2	16,2	18,5	22,1	24,7
10	11,9	15	18,2	22	24,2
20	11,9	14,4	18	22,6	24,5
30	12,5	14,4	18,3	23,8	25
40	13,9	14,8	18,8	24,6	25,6
50	15,4	15,4	19,4	25,4	26
60	17,1	16	19,8	25,9	26,2
70	18,4	16,7	20,1	26,2	26,2
80	19,7	17,4	20,2	26,2	26,1
90	20,5	17,8	20,1	26	25,6
100	21	18,1	19,9	25,6	25,3
110	21,3	18,3	19,6	25,1	25
120	21,4	18,3	19,2	24,4	24,7
130	21,3	18,2	18,9	23,7	24

**Tabla 2.** Valores de temperatura para maíz con 18,8% de humedad, almacenado en bolsas plásticas sin cobertura.

Silo sin cobertura (humedad 18,8%)					
Prof. (cm)	28-7-05	16-9-05	16-10-05	16-11-05	16-12-05
5	14,6	16,8	24,3	23,3	30,1
10	12,6	15,6	23,2	23	30
20	11,7	14,6	22	23,1	30
30	11,4	14	21	23,3	30,3
40	11,5	13,6	20,5	23,5	30,5
50	11,9	13,3	20,1	23,6	30,4
60	12,5	13,3	19,8	23,6	30,1
70	13,2	13,4	19,7	23,6	29,8
80	13,8	13,7	19,5	23,5	29,3
90	14,4	13,9	19,5	23,6	28,7
100	14,9	14,3	19,5	23,6	28,3
110	15,3	14,7	19,6	23,8	27,8
120	15,6	15,2	19,8	24	27,3
130	15,8	15,7	19,2	24,3	26,8

En base a los datos relevados se observa que a los 15 días de embolsado el material, con 16,7% de humedad, tenía elevados valores de temperatura a partir de los 40 centímetros de profundidad hacia el centro del silo, con valores que oscilaban entre los 15,4 y 21,3 °C y en la parte superior, en contacto con el plástico mostraba valores que en promedio, para los primeros 40 centímetros, oscilaba en los 13,6 °C en el mes de septiembre. Siempre para maíz con 16,7% de humedad, se observa que la temperatura comienza a ser uniforme en el perfil analizado, en los primeros 40 centímetros comienza a aumentar, mientras que en la parte inferior disminuye en promedio unos 3 grados, resultando en diciembre con un incremento en la temperatura, manteniendo la uniformidad en toda la masa de granos.

La bolsa con maíz a 18,8% de humedad, en las dos primeras mediciones (julio y septiembre), no mostró diferencias con respecto a la bolsa con cobertura de media sombra y 16,7% de humedad, no obstante, a partir de octubre se produce un incremento en la temperatura llegando a valores que en promedio para los primeros 40 centímetros son superiores a la bolsa con cobertura, en unos 3,84 °C, alcanzando en diciembre la brecha entre el silo con cobertura y el silo sin cobertura los 5,38 °C en el interior del silo, a partir de los 50 centímetros de profundidad, mientras que inicialmente la temperatura era en promedio 5,41 °C en la bolsa con cobertura, esa situación se revierte a través del tiempo, llegando en diciembre, a los 28,72 °C de temperatura promedio, con valores máximos de 30,5 °C. Desde los 50 centímetros hacia el centro del silo, supero por una diferencia de 4,32 °C con respecto a la misma posición y momento en el silo bajo cobertura.



**Figura 1.** Variación de temperatura de maíz, con alta humedad, en bolsas plásticas, con y sin y cobertura de media sombra. Julio.

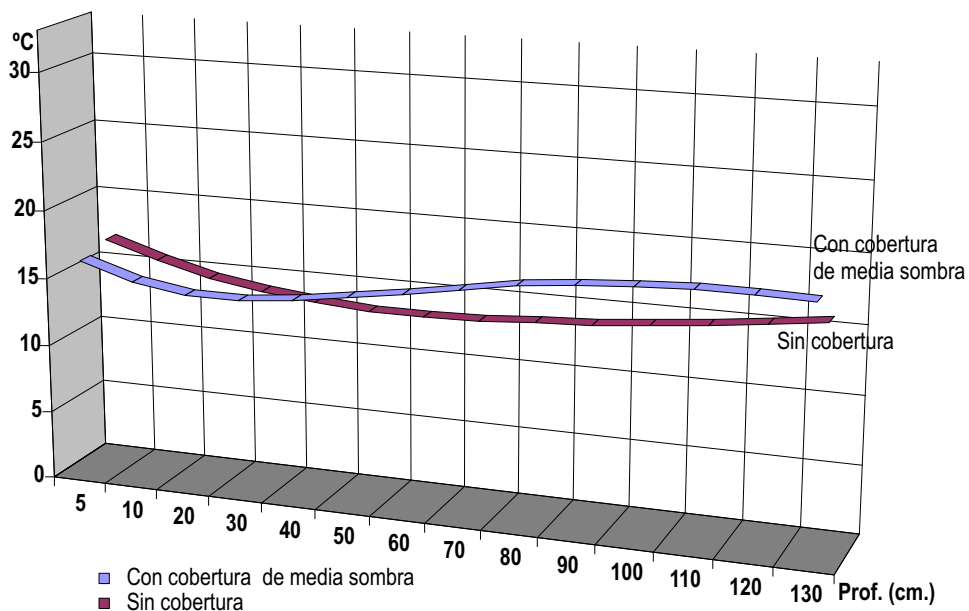


Figura 2. Variación de temperatura de maíz, con alta humedad, en bolsas plásticas, con y sin y cobertura de media sombra. Septiembre.

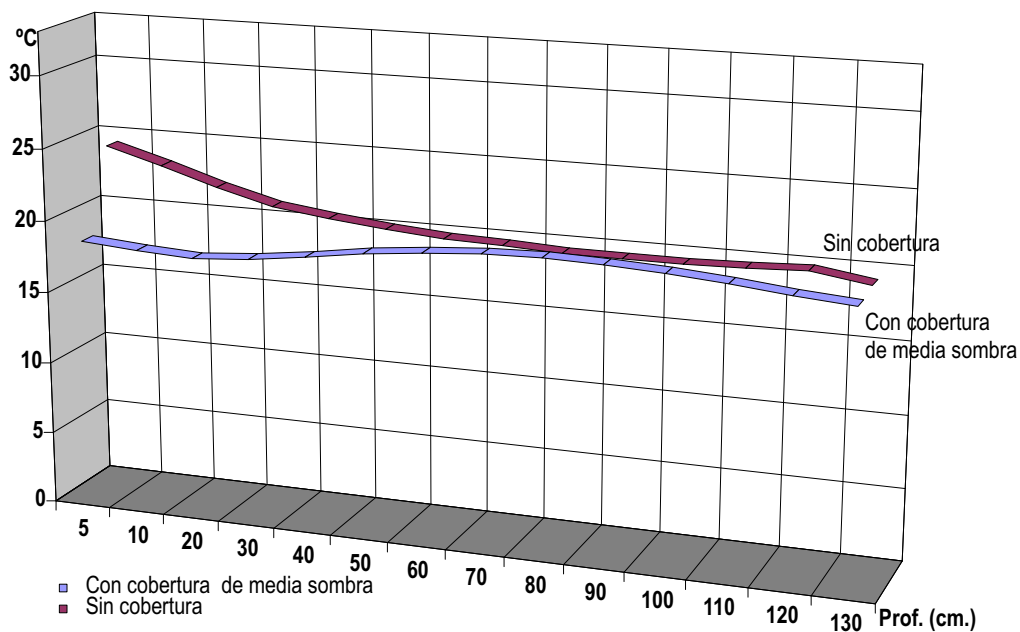
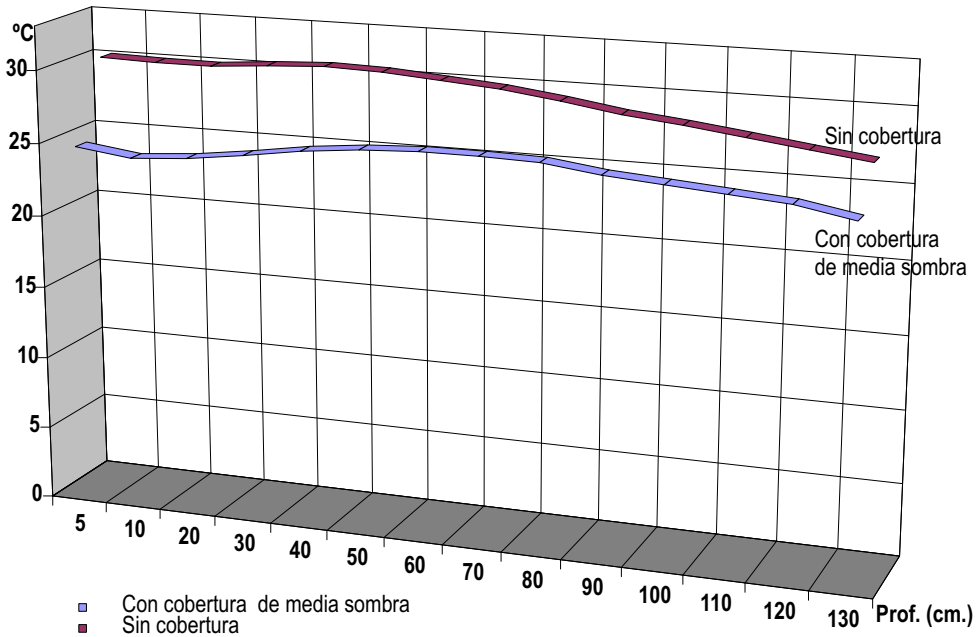


Figura 3. Variación de temperatura de maíz, con alta humedad, en bolsas plásticas, con y sin y cobertura de media sombra. Octubre.



**Figura 4.** Variación de temperatura de maíz, con alta humedad, en bolsas plásticas, con y sin y cobertura de media sombra. Diciembre.

De los datos de PG y EG (Tabla 3) se puede observar al comienzo de la experiencia un alto valor de PG Y EG para ambos tratamientos, pero a medida que transcurre el tiempo de almacenamiento se reducen los porcentajes, acentuándose el deterioro del PG y EG a partir de noviembre, por la combinación de alta humedad e incremento de la temperatura, llegando a diciembre con valores, para el caso del silo sin cobertura que no superan el 50%, y es 13,88 menor con respecto al tratamiento con cobertura, efecto que se puede acentuar con el transcurso de la estación cálida. Esta diferencia es un poco mayor (14,47) en la parte superior del silo en contacto con el plástico como se puede ver en la Tabla 4, en el caso del silo sin cobertura se puede ver que entre octubre y noviembre comienza a marcarse el deterioro en el PG, y para el caso del silo con cobertura este efecto se ve a partir de diciembre.

**Tabla 3.** Datos de energía y poder germinativo para silo con y sin cobertura de media sombra.

Fecha de muestreo	P.G.		E.G.	
	Silo s/cobertura	Silo c/cobertura	Silo s/cobertura	Silo c/cobertura
13-07-05	90	88,25	86,75	86,75
16-09-05	79,38	75,13	79,38	75,13
16-10-05	80,13	77,88	75,25	76,00
16-11-05	72,13	84,25	70,13	83,88
16-12-05	46,25	60,13	45,88	56,38

**Tabla 4.** Datos de poder germinativo, en la parte superior de silos con y sin cobertura de media sombra.

Fecha de muestreo	P.G. Parte Superior de los silos	
	Silo s/cobertura	Silo c/cobertura
13-07-05	90	88,25
16-09-05	84,00	83,25
16-10-05	77,75	81,75
16-11-05	62,00	86,25
16-12-05	45,25	59,75

### **Conclusiones:**

La cobertura de media sombra disminuye los efectos de la amplitud térmica, y en el caso de granos almacenados con alta humedad reduce sobre el deterioro de los mismos.

El deterioro, observado a través de la disminución del poder germinativo de los granos es aún más notorio en la parte superior de los silos, que está en mayor contacto con el material plástico, como se desprende de la observación de la Tabla 4.

La incorporación de cobertura es eficiente para disminuir el efecto de la temperatura y por ende disminuir el deterioro de los granos, a su vez es una alternativa interesante para la protección de los silos en el caso de zonas de granizo, o en zonas de altas temperatura y radiación solar, donde además de ejercer un efecto positivo sobre la conservación prolongan la vida útil del plástico.

### **Bibliografía**

- Casini, C. y Accietto, R. 2003. Estudio del efecto de la media sombra sobre la calidad de los granos de soja, con alta humedad, almacenados en bolsas plásticas. Manual técnico N° 3 Soja. Eficiencia de Cosecha y Postcosecha. 224-226.
- Casini, C.; Clemente, G.; Quartucci, J.; Pagliero, M.; Pepi, B. 2005. Estudio del efecto de la media sombra sobre la calidad de la semilla de soja. Manual técnico N° 3 Soja. Eficiencia de Cosecha y Postcosecha. 227.
- Clemente, G; Casini, C.; Pagliero, M. Quartucci, J. 2002. Efecto de la Temperatura Exterior sobre la Atmósfera Interior del Sistema Silo-Bag, durante el Almacenamiento de Granos. INTA E.E.A. Manfredi; Villa Nueva S.A. in [www.agrositio.com](http://www.agrositio.com)

## **Determinación del efecto de la temperatura ambiente sobre la atmósfera interna de la bolsa plástica con maíz.**

Cristiano Casini y Diego Mauricio Santa Juliana. INTA, E.E.A. Manfredi –

### **Introducción**

La temperatura y la humedad son los dos factores principales que afectan a los granos durante el almacenaje. Por diversos motivos muchas veces los granos se deben guardar con contenidos de humedad que no son los adecuados para la conservación, esto provoca indefectiblemente una mayor actividad metabólica, mayor respiración y mayor producción de dióxido de Carbono, este incremento a su vez va acompañado por un incremento en el número de colonias de hongos (Christensen 1969).

Los mismos se hacen presentes cuando la humedad relativa del aire intergranario sobrepasa el 70%, y la producción de micotoxinas no se produce hasta que no se alcanzan valores del 85% de humedad relativa y temperatura entre 25 y 27 grados centígrados (Lazzari 2002).

Estos dos factores incrementan la respiración, en el caso de la humedad, el agua hidrata los tejidos de los granos, favoreciendo una mayor difusión de gases, lo que acelera la respiración. Y en el caso de la temperatura, el incremento es más que proporcional de la respiración con respecto a un aumento en la temperatura del granel, hasta un nivel en el cual se inactivan las enzimas o falta sustrato.

### **Objetivos**

Los objetivos del trabajo son:

- Determinar cuáles son las variaciones de la temperatura dentro de las bolsas plásticas por la influencia de la temperatura ambiente.
- Determinar si el contenido de humedad de los granos tiene incidencia sobre la temperatura de los granos almacenados en las bolsas plásticas.

### **Materiales y métodos**

En este ensayo se utilizó una bolsa plástica de polietileno de baja densidad, de medidas comerciales, en este caso de 60 metros de largo por 9 pies de diámetro.

Se utilizaron dos bolsas: en la primera, el material almacenado fue maíz con dos humedades diferentes de grano. En la segunda bolsa de similares características, se ubicó en el mismo sector, pero se almacenó soja con un contenido de humedad de 12,5%.

En la bolsa con maíz, las mediciones se tomaron en las dos secciones del silo que presentaban las diferencias más contrastantes con respecto a humedad, determinándose dos valores: 14,2% y 16,6% respectivamente. La fecha de embolsado del maíz fue el 21 de abril de 2006, y en el caso de la soja el día 02 de mayo de 2006.

Se tomaron datos de temperatura hasta una profundidad de 1,3 metros dentro de la masa granaria, mediante el empleo de una sonda de temperatura graduada (marca Termotec, modelo MD-O).

Las mediciones en la bolsa con maíz se hicieron en tres momentos diferentes, invierno (10 de agosto de 2006), primavera (24 de octubre de 2006) y verano (01 de febrero de 2007), mientras que en la de soja, no se tomaron lecturas en la última fecha (01/02/07) ya que se había vaciado la bolsa.

Las mediciones se realizaron simultáneamente para los tres casos, a través de la parte superior de la bolsa, donde se practicó una pequeña incisión en lo que se conformó como un único punto de muestreo, donde se tomaron los valores para todas las mediciones. En este sector se introdujo la sonda hasta la profundidad deseada tomándose los registros de temperatura.

### Resultados y discusión

Con respecto a la temperatura y sobre la base de los datos obtenidos se puede observar en la Tabla 1, que la sección húmeda mostró en todo el perfil de profundidad valores mayores que los correspondientes para la sección seca, indiferentemente de la época del año y en ambas secciones las curvas siguieron la misma tendencia a lo largo del perfil de muestreo. En estos valores se nota que la mayor variación se produjo sobre la parte superior de los silos, en los primeros 40 centímetros. En el resto de la masa granaria, la temperatura de los granos sigue la misma evolución que la temperatura exterior, alcanzando en el cuerpo de la bolsa valores levemente inferiores a la temperatura ambiente, en la medición de primavera. En el caso de las mediciones de invierno se puede observar que en el cuerpo del silo aún se mantienen las temperaturas del grano al momento de ser cosechado. Mientras que para la época estival no se observan variaciones de consideración, con respecto a los datos obtenidos en la primavera, en la parte superior de la bolsa de maíz. No obstante, en el cuerpo medio de la bolsa se observa una diferencia de temperatura de 2,82 °C en promedio a partir de los 40 cm de profundidad

**Tabla 1.** Valores de temperatura para dos secciones de bolsas plásticas para el almacenamiento de granos con diferentes humedades de almacenamiento del Maíz.

Prof. (cm)	T° C con 16% de H°			T° C con 14,2% de H°		
	Invierno (10/08/2006)	Primavera (24/10/2006)	Verano (01/02/2007)	Invierno (10/08/2006)	Primavera (24/10/2006)	Verano (01/02/2007)
5	12,3	28,2	28,2	10,3	25,9	25,5
10	10,8	28,5	28,7	9,3	25	24,9
20	10,8	29,3	30	9,1	24,2	25
30	11,3	30	30,9	9,2	23,8	25,2
40	11,8	30,1	31,5	9,6	22,9	25,5
50	12,4	30	31,9	10	22	25,7
60	13,1	29,6	32	10,4	21	26
70	13,7	28,8	32	11,3	19,9	26,2
80	14,3	27,8	31,8	11,8	19,4	26,4
90	14,9	27	31,5	12,4	18,9	26,6
100	15,4	26	30,8	12,9	18,4	26,7
110	15,8	25,2	30,4	13,4	18,1	26,8
120	16,1	24	29,9	13,8	17,8	26,8
130	16,4	23,2	29,2	14,3	17,6	26,8

A continuación se pueden ver las tres Figuras que muestran las diferencias de temperatura entre ambas secciones y la temperatura externa, tomada al momento de la medición. En las distintas fechas donde se tomaron las mediciones, cabe aclarar que la elección de los días se realizó conforme a un día típico de cada estación.

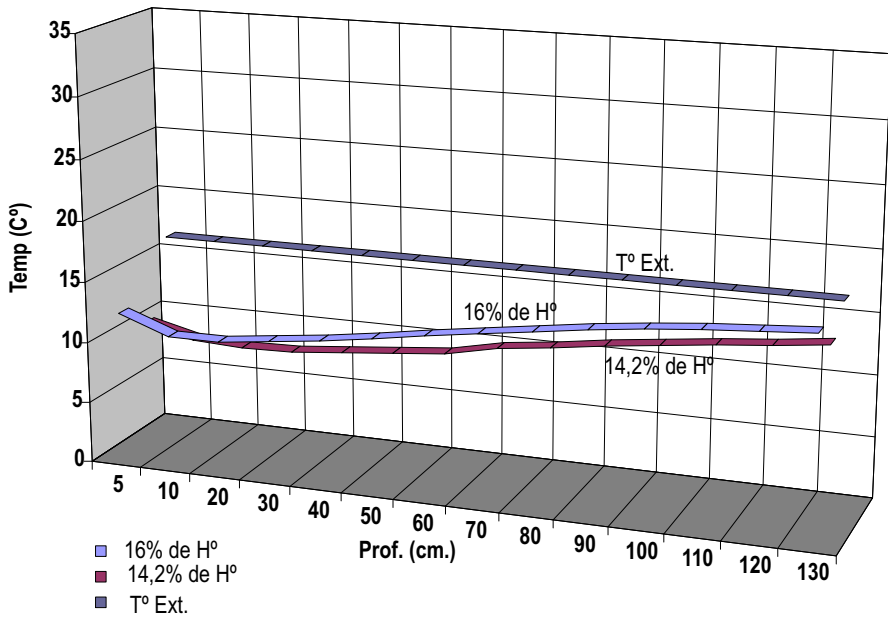


Figura 1. Diferencia de Temperaturas entre dos secciones de grano con diferentes humedades.- Invierno.

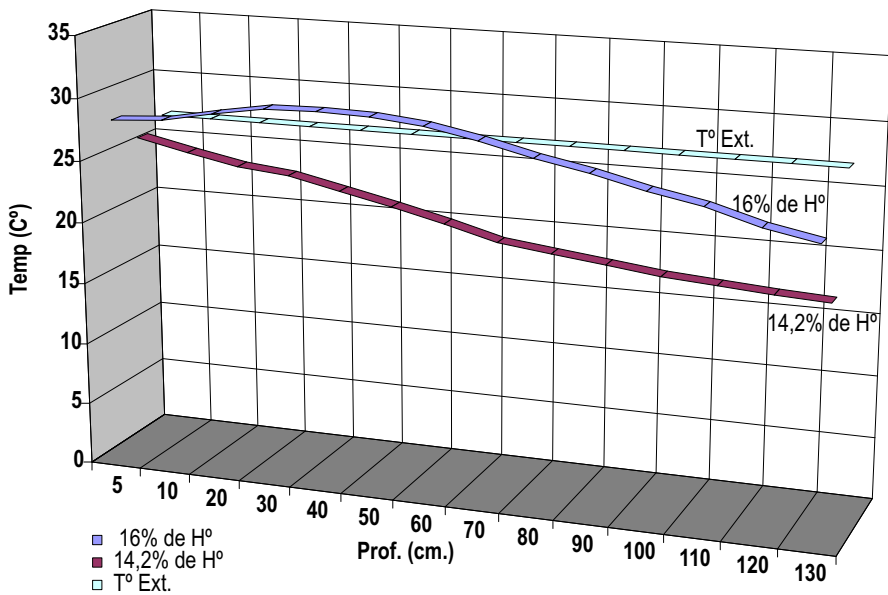


Figura 2. Diferencia de Temperaturas entre dos secciones de grano con diferentes humedades.- Primavera.



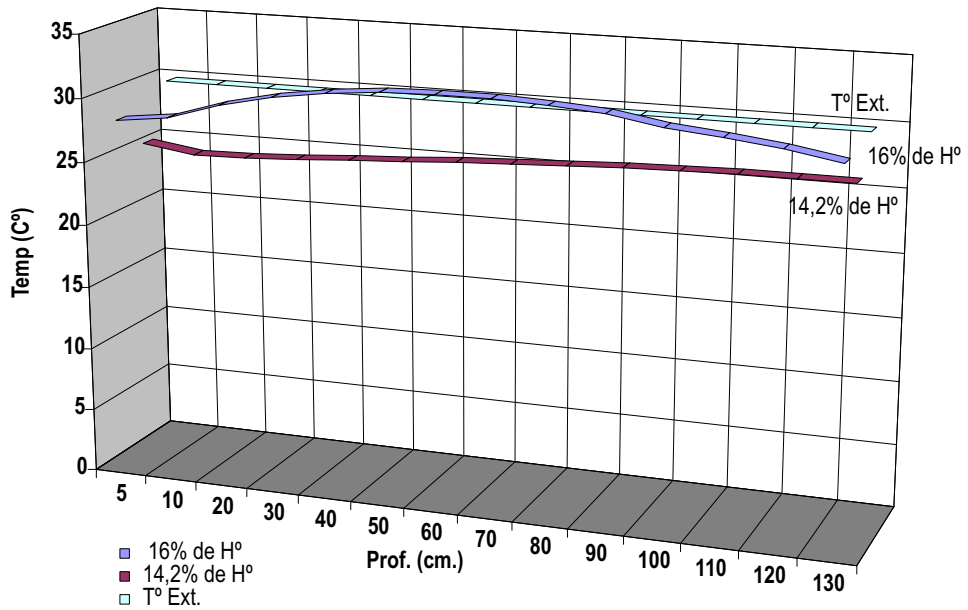


Figura 3. Diferencia de Temperaturas entre dos secciones de grano con diferentes humedades.- Verano.

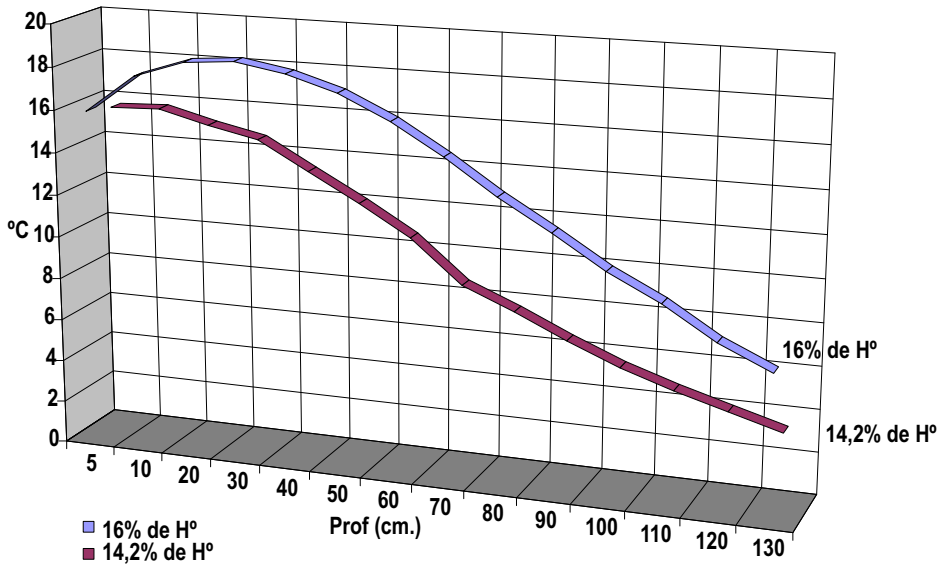
En la Tabla 2 se observa el incremento de temperatura entre la observaciones de invierno y primavera para ambos contenidos de humedad, en la misma se observa una diferencia, en valores promedios, para los primeros 40 cm de 17,7 °C en el caso de los granos con 16,6% de humedad, y de 15,25 °C para los granos con 14,2%.

Esta gran variación en la temperatura no es observada cuando se contrastan los valores de primavera con los correspondientes a la medición de verano.

En la Figura 4 se muestra la diferencia de temperaturas de primavera con respecto a las de invierno para ambos contenidos de humedad.

Tabla 2. Diferencia de temperatura (C°) entre Invierno y Primavera, en dos secciones de bolsas plásticas con diferentes humedades del grano de Maíz.

Prof. (cm)	T° C con 16% de H°			T° C con 14,2% de H°		
	Invierno (I)	Primavera (P)	Diferencia-P	Invierno (I)	Primavera (P)	Diferencia-PI
5	12,3	28,2	15,9	10,3	25,9	15,6
10	10,8	28,5	17,7	9,3	25	15,7
20	10,8	29,3	18,5	9,1	24,2	15,1
30	11,3	30	18,7	9,2	23,8	14,6
40	11,8	30,1	18,3	9,6	22,9	13,3
50	12,4	30	17,6	10	22	12
60	13,1	29,6	16,5	10,4	21	10,6
70	13,7	28,8	15,1	11,3	19,9	8,6
80	14,3	27,8	13,5	11,8	19,4	7,6
90	14,9	27	12,1	12,4	18,9	6,5
100	15,4	26	10,6	12,9	18,4	5,5
110	15,8	25,2	9,4	13,4	18,1	4,7
120	16,1	24	7,9	13,8	17,8	4
130	16,4	23,2	6,8	14,3	17,6	3,3

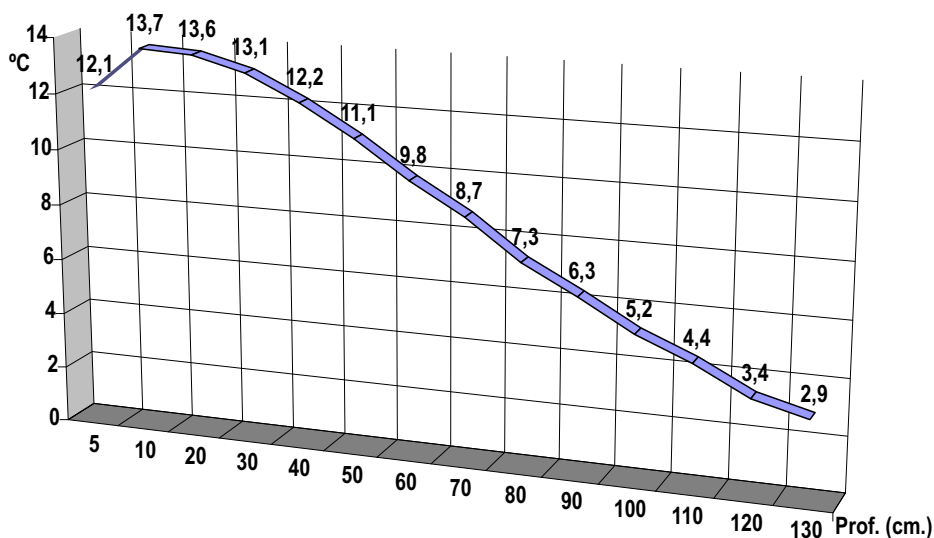


**Figura 4.** Incremento de la Temperatura en primavera con respecto a los valores de invierno en maíz con diferentes humedades de grano.

Para el caso de la soja, en la Tabla 3 muestra la diferencia entre las dos mediciones de temperatura. En la misma se puede ver el fuerte incremento de los valores de temperatura en todas las profundidades del silo, siendo más relevante este incremento en la parte superior, y disminuyendo dicho incremento a medida que aumenta la profundidad. Dicho incremento es menor al de maíz, en este caso para los primeros 40 cm. Se observa un valor promedio de 13,1 °C, y de 7,1 °C para el resto del perfil.

**Tabla 3.** Diferencia de temperatura (°C) entre Invierno y Primavera, en Soja almacenada en bolsas plásticas.

Prof. (cm)	T° C con 12,5% de H°		
	Invierno (I)	Primavera (P)	Diferencia P -I
5	12,1	24,2	12,1
10	11,3	25	13,7
20	10,7	24,3	13,6
30	10,4	23,5	13,1
40	10,4	22,6	12,2
50	10,6	21,7	11,1
60	11	20,8	9,8
70	11,4	20,1	8,7
80	11,9	19,2	7,3
90	12,4	18,7	6,3
100	12,8	18	5,2
110	13,2	17,6	4,4
120	13,8	17,2	3,4
130	14	16,9	2,9



**Figura 4.** Incremento de la Temperatura en primavera con respecto a los valores de invierno en soja con un contenido de humedad de 12,5%, en diferentes profundidades de la bolsa.

### Conclusiones

En todos los casos observados la temperatura exterior tiene influencia sobre la temperatura de los granos almacenados en bolsas plásticas, sobre todo en la parte superior que está en contacto directo con el plástico. Este efecto es más notorio a medida que aumenta la humedad de los granos, es decir que los lotes más húmedos registran un aumento superior en la temperatura, alcanzando valores que son críticos para el desarrollo de aflatoxinas (entre 25 y 27 °C). En el caso del maíz almacenado con una humedad superior a los 14,5% (humedad de recibo), estos valores se superan ampliamente en toda la masa granaria para la época primaveral aumentando los riesgos de contaminación, dado que se generan las condiciones de temperatura y humedad requeridas por los hongos para su desarrollo. De producirse una rotura de la bolsa que permita una entrada de aire, es altamente factible que se desarrollen aflatoxinas, por una disminución en la concentración de dióxido de Carbono, que por las condiciones de alta humedad de los granos, las cuales incrementa la tasa respiratoria, es alta y supera para la época primaveral en maíz con un 16,6% de humedad el 20% de CO<sub>2</sub>.

### Bibliografía:

- Christensen, C.M., Kaufmann H.H. 1969. Grain Storage. The role of fungi in quality loss. University of Minesota Press. 153.
- Lazzari Flavio A. 2002. Controle de fúngos em sementes, graos e rações. Control integrado de plagas 123.

## **Determinación del efecto de la humedad del maíz sobre la concentración de $O_2$ y $CO_2$ , en bolsas plásticas.**

Ing. Agr. (Phd) Cristiano Casini, Ing. Agr. Diego Mauricio Santa Juliana.

### **Introducción**

Unos de los factores que tiene una fuerte incidencia en el almacenaje es la humedad. Por diversos motivos muchas veces los granos se deben guardar con contenidos de humedad que no son los adecuados para la conservación, esto provoca indefectiblemente una mayor actividad metabólica, generación de calor, mayor respiración y mayor producción de dióxido de Carbono ( $CO_2$ ), a su vez va acompañado por un incremento en el número de colonias de hongos.

Consideramos que la respiración es un proceso de oxidación que se produce sobre las moléculas. La misma puede ser en presencia de Oxígeno ( $O_2$ ) o en forma anaeróbica, denominada fermentación. La respiración anaeróbica se produce sin la presencia del  $O_2$  libre; los productos finales de la respiración se componen de gas carbónico y algunos compuestos orgánicos simples, como el alcohol etílico ( $C_2H_5OH$ ) (Hall 1980). En la respiración anaeróbica, el  $O_2$  también forma parte activa de las reacciones de oxidación; no obstante, las células no reciben el  $O_2$  desde el exterior, sino que éste se obtiene de la propia célula, los factores que favorecen a la respiración son:

- Humedad: el agua hidrata los tejidos de los granos, favoreciendo una mayor difusión de gases, lo que acelera la respiración.
- Temperatura: el incremento es más que proporcional de la respiración con respecto a un aumento en la temperatura del granel, hasta un nivel en el cual se inactivan las enzimas o falta sustrato.
- Concentración de gases: cuando se limita la concentración de  $O_2$  se reduce el ritmo de respiración aeróbica.
- Historia del grano: no sólo afecta la especie sino también las condiciones en que creció y maduró el grano y la integridad de su estructura. Todo grano dañado inicialmente tiene un mayor ritmo respiratorio y es más susceptible al ataque de insectos y hongos.

El siguiente trabajo sobre bolsas plásticas tiene como objetivos:

- Evaluar la variación en la concentración de  $CO_2$  y  $O_2$  dentro de la atmósfera de bolsas plásticas durante el tiempo de almacenaje, en granos almacenados con diferentes humedades.
- Evaluar efecto de las diferentes concentraciones de gases sobre los insectos de granos almacenados.

### **Materiales y métodos**

En este ensayo se utilizó una bolsa plástica de baja densidad, de medidas comerciales, en este caso de 60 metros de largo por 9 pies de diámetro.

El grano ensilado fue maíz con diferentes contenidos de humedad.

Para las mediciones se tomaron las dos secciones del silo que presentaban las diferencias más contrastantes con respecto a humedad, determinándose dos valores: 14,2% y 16.6% respectivamente. La fecha de embolsado del material fue el 21 de abril de 2006.

Las mediciones de humedad del grano se realizaron con un medidor de humedad automático, marca Tesma, Modelo A-79 de uso comercial.

Los trabajos se dividieron en dos estudios:

- 1) Estudio sobre la evolución de las concentraciones de  $\text{CO}_2$  y  $\text{O}_2$ , teniendo en cuenta las diferentes humedades de almacenamiento del grano de maíz.
- 2) Estudio del efecto de las diferentes concentraciones de  $\text{CO}_2$  y  $\text{O}_2$  sobre los insectos de almacenamiento de granos.
- 1) Para las mediciones de concentración de dióxido de Carbono ( $\text{CO}_2$ ) y Oxígeno ( $\text{O}_2$ ), se empleó un analizador de la firma PBI Dansensor (France S.A.S.). Se establecieron puntos de muestreo para cada sección del silo y se tomaron datos a dos profundidades, la primera a unos pocos centímetros de la capa exterior y la segunda a unos 50 centímetros de profundidad mediante el empleo de una sonda tipo aguja.

Los datos se tomaron para ambas secciones en los mismos días y horarios. También se tomaron datos de temperatura a diferentes profundidades dentro de la masa granaria, los datos se tomaron con una sonda de temperatura graduada provista por la firma Termotec, modelo MD-O.

Las mediciones se hicieron en tres momentos diferentes, invierno (10 de agosto de 2006), primavera (24 de octubre de 2006) y verano (01 de febrero de 2007).

Las mediciones se realizaron simultáneamente para ambas secciones, a través de la parte superior de la bolsa, donde se practicó una pequeña incisión y se lo determinó como un único punto de muestreo, donde se tomaron los valores para todas las mediciones.

La forma de obtener los datos era introduciendo la sonda hasta la profundidad deseada y esperar a la estabilización del valor de temperatura que mostraba el sensor.

2) Para el segundo estudio, se emplearon colonias de insectos de la especie *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Gorgojo del maíz), Orden Coleóptera, Familia Curculionidae. Este insecto tiene una gran capacidad de vuelo e infesta los cereales desde el campo. Ataca todos los cereales, siendo extraordinariamente destructivo. El desarrollo del período larval lo realiza dentro del grano, vive de siete a ocho meses, cada hembra pone de 300 a 400 huevos, su ciclo es de 36 días dependiendo de las condiciones ambientales. Temperatura óptima 28-30 C°. Se considera una plaga primaria porque los adultos son capaces de perforar los granos (Silvia Aguayo 2001).

En el caso de los ensayos llevados a cabo en el almacenamiento de granos en bolsas plásticas, los insectos se colocaron junto con granos de maíz, en pequeñas bolsas de tela de tipo "voile" con un entramado que permitía el pasaje del aire de la atmósfera intergranaria y se colocaron en el interior de la bolsa plástica en dos sectores con diferentes humedades de grano. En este ensayo se trató de probar si la concentración de gases que se genera dentro del silo tiene efectos sobre los insectos como medio de control de los mismos, teniendo en cuenta la reducción del  $\text{O}_2$  y un aumento en la concentración de  $\text{CO}_2$  que ocurre en el interior de la bolsa cuando está se encuentra herméticamente cerrada.

## Resultados y discusión

### 1) Concentración de gases.

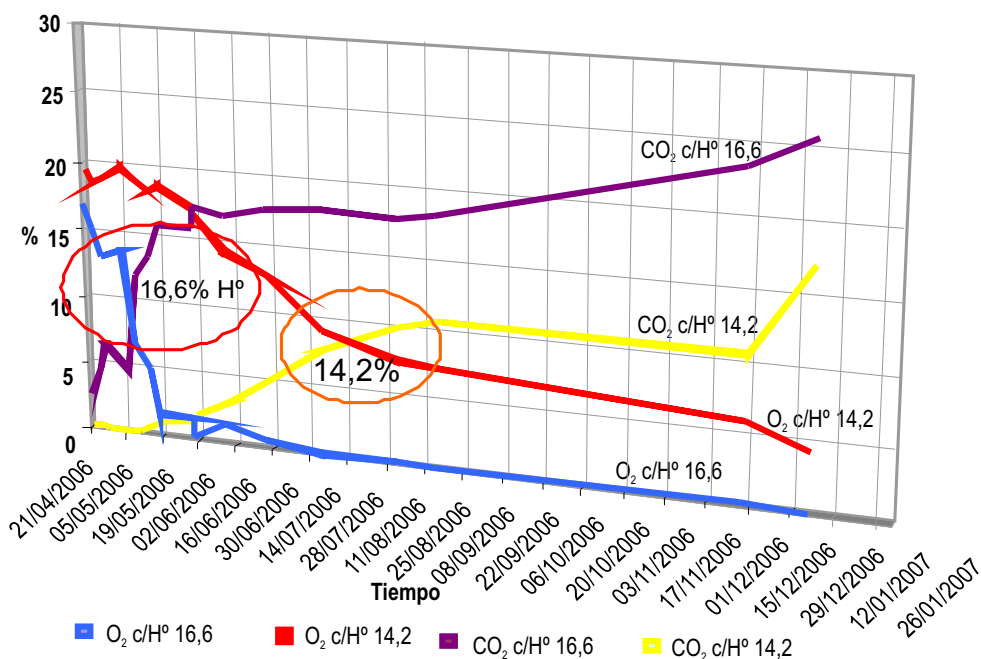
A continuación se muestra la Tabla 1, con los valores obtenidos de concentración de gases. En la misma se puede observar que, en lo referente a posiciones, no hay diferencias entre los valores obtenidos en superficie y en profundidad, pero si se observa grandes diferencias entre los sectores, donde la parte húmeda no sólo muestra un variación más acentuada en la concentración de  $\text{CO}_2$  y  $\text{O}_2$ , sino que a su vez muestra valores más extremos. En el caso del sector seco la concentración de  $\text{O}_2$  se estabiliza y no llega a valores inferiores a 3,97%, el cual se alcanzó recién al final del ensayo, es decir a los 253 días de almacenado. Mientras que en el sector húmedo, el valor más bajo de concentración de  $\text{O}_2$  se alcanzó a los 62 días. Con respecto al  $\text{CO}_2$  en la sección seca su máxima concentración se observó también hacia el final del ensayo con un valor del 17%, mientras que en la sección húmeda se observó un valor del 26%.

**Tabla 1.** Evolución de la concentración (%) de  $\text{O}_2$  y  $\text{CO}_2$  en el interior de la bolsa de Maíz almacenado con humedades diferentes.

Sector Húmedo: 16,6%					Sector Seco: 14,2%				
Tolva 1	Posición Superior		Posición Inferior		Tolva 9	Posición Superior		Posición Inferior	
Fecha	$\text{O}^2$ sup. (%)	$\text{CO}^2$ sup.(%)	$\text{O}^2$ inf.(%)	$\text{CO}^2$ inf.(%)	Fecha	$\text{O}^2$ sup. (%)	$\text{CO}^2$ sup.(%)	$\text{O}^2$ inf.(%)	$\text{CO}^2$ inf.(%)
21-04-06	16,8	2,6	16,62	2,7	21-04-06	19,42	0	19,38	0
24-04-06	14,97	4,4	14,82	4,3	24-04-06	18,62	0	19,13	0
27-04-06	13,18	6,4	13,25	5,8	27-04-06	18,82	0	18,86	0
05-05-06	13,68	4,6	13,71	4,5	05-05-06	19,66	0	19,62	0
09-05-06	6,8	11,9	6,31	12,2	09-05-06	18,95	0	18,98	0
15-05-06	5,08	13,4	4,8	13,7	15-05-06	18,24	0,5	18,24	0,5
18-05-06	1,77	15,7	1,68	16,3	18-05-06	18,52	1	18,61	0,7
24-05-06	1,67	15,8	1,37	16,3	24-05-06	17,21	1,3	17,2	1,2
31-05-06	0,27	17,3	0,15	17,2	31-05-06	16,8	1,8	16,69	1,7
12-06-06	1,59	16,9	1,41	16,8	12-06-06	14,2	3	14,2	3
27-06-06	0,65	17,6	0,51	17,5	27-06-06	12,73	4,9	12,69	4,7
18-07-06	0,06	17,8	0,06	18	18-07-06	9,09	7,6	9,02	7,9
14-08-06	0,06	17,8	0,06	17,7	14-08-06	7,45	9,8	7,33	9,9
28-08-06	0,08	18,2	0,06	18,2	28-08-06	7,29	10,6	7,27	10,9
12-12-06	0,25	23,4	0,85	22,1	12-12-06	5,85	10,5	10,35	11,2
03-01-07	0	25,7	0	26	03-01-07	4,32	17,05	3,97	17,5

En la siguiente Figura se muestra la evolución de las concentraciones, tanto de  $\text{CO}_2$  como de  $\text{O}_2$ , en ambas secciones los datos graficados son para la parte interna del silo. Cabe recordar, que no se detectaron diferencias entre las profundidades a las cuales se registraron los datos.

En esta Figura se aprecia lo abrupto de la variación, tanto para  $\text{O}_2$  como para  $\text{CO}_2$  en la sección húmeda de la bolsa plástica, mientras que dicha variación fue mucho menos marcada y paulatina en la sección seca.



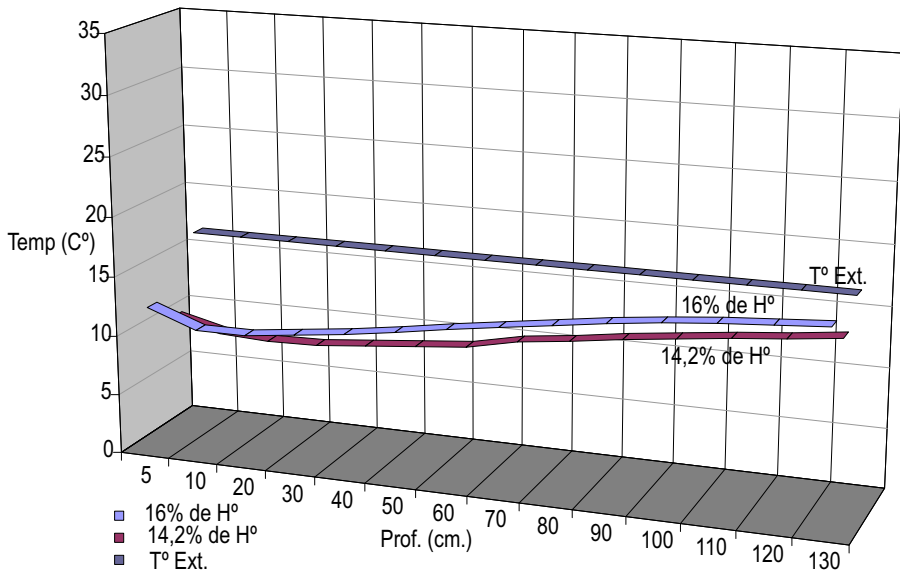
**Figura 1.** Evolución de la Concentración de CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub>, en diferentes humedades de maíz, almacenados en bolsas plásticas.

Con respecto a la temperatura, y sobre la base de los datos obtenidos (Tabla 2) se puede observar que la sección húmeda mostró en todo el perfil de profundidad valores mayores que los correspondientes para la sección seca, indistintamente de la época del año, y en ambas secciones las curvas siguieron la misma tendencia a lo largo del perfil de muestreo.

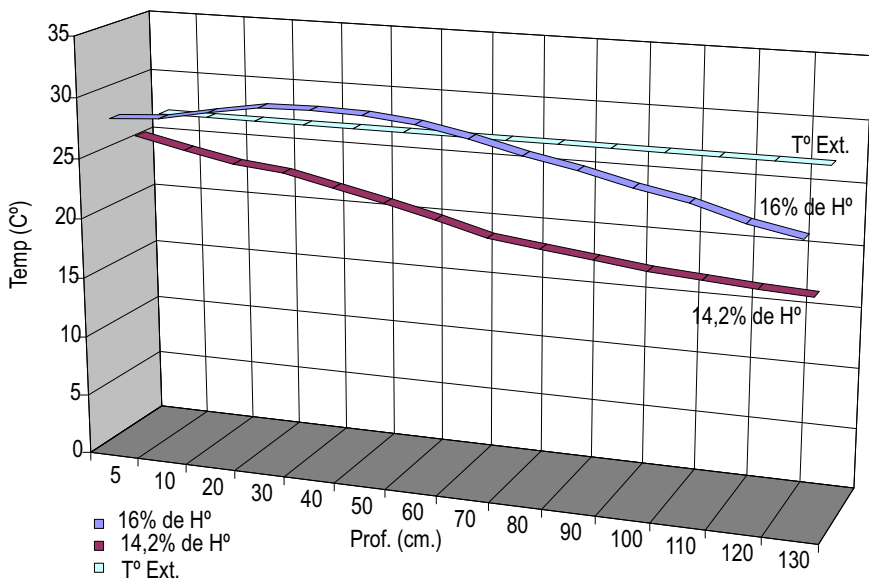
**Tabla 2.** Evolución de la temperatura interior, en dos secciones de bolsas plásticas con diferentes humedades de almacenamiento del Maíz, comparando invierno, primavera y verano.

Prof. (cm.)	T° C con 16% de H°			T° C con 14,2% de H°		
	Invierno	Primavera	Verano	Invierno	Primavera	Verano
5	12,3	28,2	28,2	10,3	25,9	25,5
10	10,8	28,5	28,7	9,3	25	24,9
20	10,8	29,3	30	9,1	24,2	25
30	11,3	30	30,9	9,2	23,8	25,2
40	11,8	30,1	31,5	9,6	22,9	25,5
50	12,4	30	31,9	10	22	25,7
60	13,1	29,6	32	10,4	21	26
70	13,7	28,8	32	11,3	19,9	26,2
80	14,3	27,8	31,8	11,8	19,4	26,4
90	14,9	27	31,5	12,4	18,9	26,6
100	15,4	26	30,8	12,9	18,4	26,7
110	15,8	25,2	30,4	13,4	18,1	26,8
120	16,1	24	29,9	13,8	17,8	26,8
130	16,4	23,2	29,2	14,3	17,6	26,8
Fecha:	10/08/2006	24/10/2006	01/02/2007	10/08/2006	24/10/2006	01/02/2007

En adelante se pueden ver tres Figuras que muestran las diferencias de temperatura entre ambas secciones y la temperatura externa, tomada al momento de la medición, en los distintas fechas donde se tomaron las mediciones, cabe aclarar que la elección de los días se realizó conforme a un día típico de cada estación.

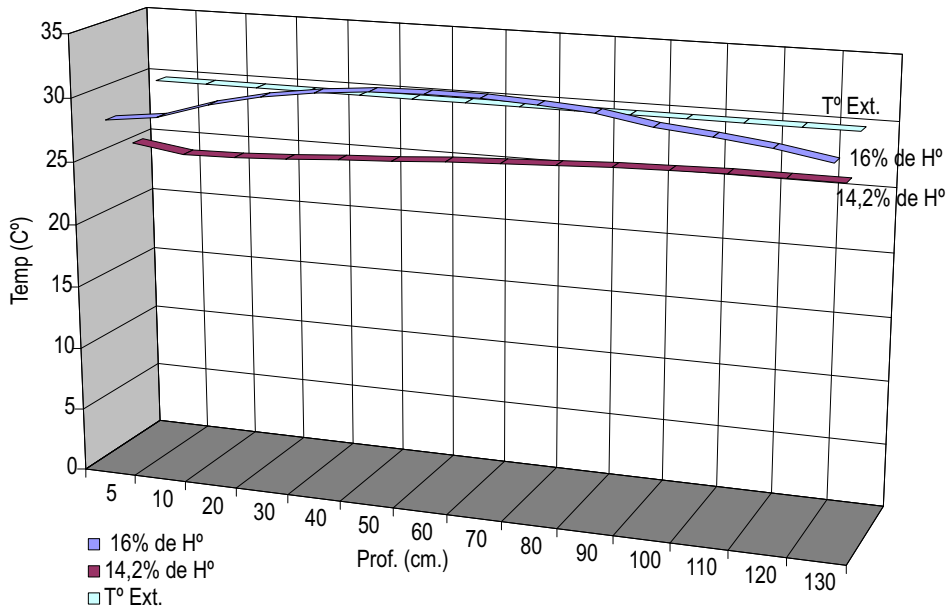


**Figura 2.** Variación de la temperatura en granos de Maíz con diferentes contenidos de humedad, medidas a diferentes profundidades de la bolsa plástica.- Invierno.



**Figura 3.** Variación de la temperatura en granos de Maíz con diferentes contenidos de humedad, medidas a diferentes profundidades de la bolsa plástica.- Primavera.





**Figura 4.** Variación de la temperatura en granos de Maíz con diferentes contenidos de humedad, medidas a diferentes profundidades de la bolsa plástica.- Verano.

Tanto la concentración de  $O_2$ , como la de  $CO_2$  son dos parámetros fuertemente relacionados con la humedad de almacenamiento de los granos en bolsas plásticas, en el sentido de que a mayor contenido de humedad la concentración de ambos varía, en el caso de  $CO_2$  aumenta y en el caso de  $O_2$  disminuye (Rodríguez et al 2001). Este fenómeno se nota de forma muy pronunciada en los granos húmedos, en los cuales el  $CO_2$  comienza a crecer inmediatamente después de llenada y cerrada la bolsa. Mientras que en los granos secos el aumento de  $CO_2$  recién se manifiesta a partir de los 20 días, llegando al final de las observaciones con una concentración de aproximadamente, la mitad que la del sector húmedo de la bolsa. Además, cabe destacar que, no se manifestaron diferencias de concentración de los dos gases evaluados en los diferentes niveles de profundidad de la bolsa, esto nos indica que la concentración de  $CO_2$  difunde rápidamente hacia arriba, no así de manera transversal al silo, dado que ambas partidas de granos, la partida con 14,2% y 16%, estaban dispuestas 3,5 metros entre sí y a pesar de esta corta distancia las concentraciones de ambos gases seguía a lo largo del tiempo marcando diferencias en los valores registrados. Esto, nos permite poder utilizar la concentración de gases como un parámetro de detección de variables que afectan a la conservación, como son: la humedad, en primer término, y la temperatura. De esta forma la medición de la concentración de gases nos permite en un corto plazo, y de manera fácil y rápida, detectar con precisión una alta tasa respiratoria y poder determinar a priori un problema de almacenamiento que redundará en pérdidas de calidad de los granos almacenados, y poder tomar las medidas necesarias al respecto para reducir el impacto económico de dichas pérdidas.

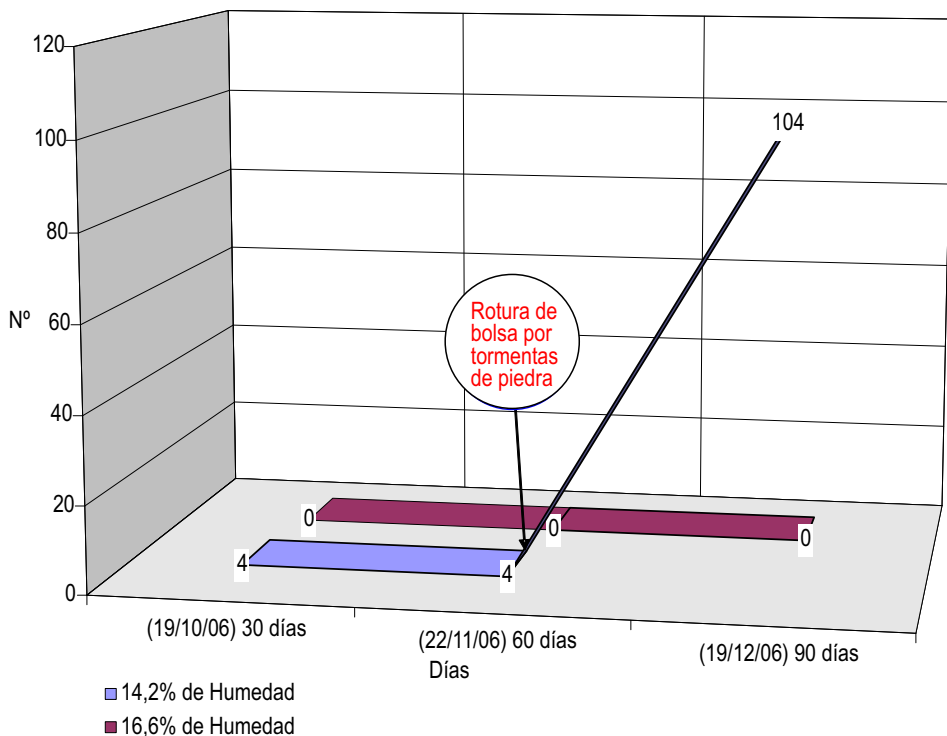
## **2) Efecto de la concentración de los gases estudiados sobre los insectos.**

La Figura 5 muestra el fuerte control que ejerció la concentración de gases dentro del silo a tal punto donde se observa que en la sección húmeda la alta concentración de  $CO_2$  y la baja concentración de

O<sub>2</sub> controlaron a la población de insectos a los treinta días de colocados, y en la sección seca a los 60 días de permanencia todavía había individuos vivos.

También se vio días después del segundo conteo, cómo la rotura del plástico en diversos puntos debido a una manga de piedra, permitió la entrada de aire, a través de orificios, en sectores cercanos a donde estaban dispuestas las muestras, generó un aumento en la cantidad de individuos en el último conteo de la sección seca. Al momento del incidente, el control en la sección húmeda había sido absoluto.

La auto modificación de la atmósfera que ocurre dentro de las bolsas plásticas ejerce un control sobre los insectos plagas de granos almacenados sobre todo en aquellas partidas con contenidos de humedad superior al de recibo (situación no aconsejable en el almacenamiento de los granos), cabe aclarar que en bolsas plásticas la incidencia de insectos solo se observa en aquellos granos que no provienen de cosecha directa, sino que han estado almacenados previamente en una planta de almacenamiento tradicional donde han sido contaminados con las plagas, pero para que esta condición altamente beneficiosa perdure, es condición indispensable mantener la hermeticidad, y por ende, la integridad de la bolsa, respetando el estiramiento máximo establecido por el fabricante, haciendo un monitoreo constante y tapando todas los puntos de rotura correctamente.



**Figura 5.** Evolución de la cantidad de insectos vivos bajo dos condiciones diferentes de humedad del grano de maíz almacenado en bolsas plásticas.

### Conclusiones:

Se puede establecer que tanto la concentración de O<sub>2</sub>, como la de CO<sub>2</sub> son dos parámetros fuertemente relacionados con la actividad biológica de los granos en bolsas plásticas, en el sentido de que a mayor contenido de humedad la concentración de CO<sub>2</sub> aumenta, y en el caso de O<sub>2</sub> disminuye, de for-

ma muy pronunciada. En un lapso de 20 días, aproximadamente, la concentración de  $\text{CO}_2$  superó el 10% y la concentración de  $\text{O}_2$  disminuyó a valores cercanos al 5%, mientras que en las condiciones normales establecidas para esta experiencia dichos valores se alcanzaron a los 110 días de almacenamiento. También se observa un incremento del  $\text{CO}_2$  aun cuando los niveles de  $\text{O}_2$  son extremadamente bajos, esto se puede deber a un proceso de fermentación, ó a un pasaje de  $\text{O}_2$  a través del plástico con su posterior conversión a  $\text{CO}_2$  por medio de la respiración, no solo de los granos, sino también de hongos y bacterias. Si bien el material plástico es impermeable al pasaje de agua, es permeable a los gases, y se podría decir que la concentración de  $\text{O}_2$  no es estable, sino que está en equilibrio constante, es decir que a medida que entra en el interior del silo es consumido, quedando en el interior de la bolsa una alta concentración de  $\text{CO}_2$  que por ser está una molécula de mayor tamaño que la de  $\text{O}_2$  es más difícil su difusión al exterior de la bolsa, y por lo tanto permanece dentro de la bolsa.

En el caso de la experiencia con insectos plagas se puede concluir que la auto modificación de la atmósfera, que ocurre dentro de las bolsas plásticas, ejerce un control sobre los mismos, sobre todo en aquellos casos donde el material ensilado tiene una humedad mayor a la de recibo, debido esto, a una mayor tasa respiratoria, lo cual implica una concentración muy alta de  $\text{CO}_2$  y muy baja de  $\text{O}_2$  haciendo inviable el desarrollo de colonias de insectos, pero para que esta situación altamente beneficiosa perdure, es condición indispensable mantener la hermeticidad y por ende, la integridad de la bolsa, respetando el estiramiento máximo establecido por los fabricantes, haciendo un monitoreo constante y tapando todas las roturas correctamente, a lo largo de todo el periodo de almacenamiento.

En el silo almacenado en condiciones de humedad óptimas (14,2%), si bien la situación de alta concentración de  $\text{CO}_2$  y muy baja de  $\text{O}_2$ , que hacen a un mejor control de insectos, tarda más en alcanzarse, en ese periodo las condiciones de temperatura no son las óptimas para el desarrollo de los mismos, es decir temperaturas por debajo de los 15 °C en todo el perfil de la bolsa.

El silo utilizado para esta experiencia sufrió el inconveniente de una caída de piedra, lo cual provocó la ruptura del material plástico y permitió una posterior entrada de  $\text{O}_2$  a la bolsa en los puntos donde se colocaron las muestras con insectos, pero este evento no pudo ser detectado en las mediciones de  $\text{CO}_2$ , este acontecimiento podría ser uno de los causantes que permitió el desarrollo de los mismos, acompañado a su vez por un incremento en las temperaturas ambientes favorables para el desarrollo de las plagas, dado que si bien los granos son malos conductores del calor, la bolsa posee mucha superficie expuesta, la distancia entre el centro de la bolsa y el exterior no supera los 1,3 metros, por esto es que la temperatura en el interior de la bolsa sigue la evolución de la temperatura exterior, para las condiciones de este trabajo el desarrollo de la colonia de insectos se detectó en diciembre, momento muy favorable para la actividad de los insectos.

### **Bibliografía:**

- Gonzalo Silva Aguayo. 2001. Control Orgánico De Plagas De Los Granos Almacenados Facultad de Agronomía. Universidad de Concepción.
- Hall, D.W. 1980. Manipulación y almacenamiento de granos alimenticios en las zonas tropicales y subtropicales. FAO Agricultural development Paper N°90. Roma. Italia p199-250.
- Rodríguez, J.C., Bartosik, R. E., Malinarich H. D., Exilart, J. P. y Nolasco, M.E. 2001. Estudio de la Calidad de Granos de Soja con distintas humedades. Manual técnico N° 3 Soja. Eficiencia de Cosecha y Postcosecha. 221.

- **Salta E.E.A. Salta**

- Poroto
- Tecnología específica

## **Almacenamiento de poroto (*Phaseolus vulgaris* L.) en bolsas plásticas con relación al contenido de humedad inicial, deterioro de los granos y el tiempo**

De Simone, M.E.<sup>(1)</sup>, Fili, M.J.<sup>(1)</sup> y Godoy A.I. <sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> PRECOP - INTA E.E.A. Salta, <sup>(2)</sup> Nutrición - INTA E.E.A. Salta

### **Introducción**

En el ciclo agrícola 2005/06 se cosecharon 236.110 ha de poroto (*Phaseolus vulgaris* L.) en la provincia de Salta y 43.010 ha en la provincia de Jujuy. Se estima que sobre el total se utilizó el sistema convencional de cosecha en 186.700 ha y el sistema cosecha directa en 92.420 ha.

El 95 % de la producción Argentina se destina al mercado externo, los porotos de color a países de Sudamérica y Méjico, mientras que los porotos blancos y rojos al mercado europeo. En todos los casos se utiliza para consumo humano directo sin mayor transformación que el remojado y la cocción.

Todos estos mercados se caracterizan por exigir calidad en forma sostenida y creciente, mientras los precios internacionales tienden a reducirse y los costos de producción a crecer.

En consecuencia la competitividad del sistema de producción de porotos en un mercado exterior, donde están presentes otros países como Canadá y EEUU, debe sostenerse en base al aprovechamiento de las ventajas competitivas de la ecorregión donde se producen, conjugadas con innovación tecnológica que permita satisfacer las demandas crecientes de calidad y reducir los costos de producción. De acuerdo con ello, el PRECOP del INTA se ocupa de la cosecha y la poscosecha del poroto con la finalidad de obtener granos sanos y limpios.

El manejo de la cosecha se realiza en bolsas de 60 kg o en bolsones de 1000 kg, en ambos casos los envases están confeccionados en polipropileno. En el primer caso resulta engorroso y con un costo importante de mano de obra en razón de los volúmenes que se manejan, mientras que el segundo caso ha significado una solución temporal, pues se requiere máquinas específicas para su llenado y manejo en campo, como así también en las plantas de procesamiento.

En ningún caso se adaptan para el manejo a granel del producto que, sin duda es la modalidad más simple y de menor costo. Así el manejo del grano de poroto en bolsas plásticas a granel, tanto en el campo como en las plantas de procesamiento se perfila como una alternativa superadora y muy atractiva.

Sin embargo, antes de su recomendación es necesario trabajar según dos ejes:

- desarrollar máquinas embolsadoras y extractoras que no produzcan daño mecánico.
- conocer la conservación del poroto dentro de bolsas plásticas.

En relación al primer aspecto se está trabajando con las máquinas embolsadoras de energía cero y extractoras con cangilones, con resultados muy interesantes. Mientras que para el segundo aspecto no se conoce cómo evoluciona la calidad del producto en condiciones de anaerobiosis dentro de la bolsa plástica, en relación al contenido de humedad, al estado de los granos, el tiempo de almacenaje y la exposición a la radiación solar.

## Objetivo

En esta oportunidad se trabajará con el objetivo de estudiar la influencia del contenido de humedad de los granos y el grado de deterioro inicial en relación al tiempo de almacenamiento.

## Antecedentes

El remojo de los granos es necesario para lograr que el agua impregne las células y aporte la humedad necesaria para que, por aplicación de calor se desarrolle una textura uniforme y suave característica del poroto cocido. El esfuerzo mecánico de la gelatinización del almidón, desnaturalización de las proteínas, el aumento de la permeabilidad gracias al incremento de la temperatura y la conducción del calor (reabsorción), provocan que el material intracelular (pectatos de calcio y magnesio) se solubilice en la lámina media por intercambio de cationes a pectatos de sodio y potasio que paulatinamente reblandecen los tegumentos, alcanzando las condiciones de palatabilidad apreciadas por el consumidor (2).

En los trabajos realizados por el INTA a fin de caracterizar la calidad culinaria de las variedades obtenidas en los programas de mejora genética, se coincide que los parámetros "absorción de agua y reabsorción de agua luego de la cocción" son muy precisos (3).

Esta metodología ha sido también usada con éxito para estimar el daño mecánico no visible ocasionados a los granos de poroto durante la trilla (2).

## Materiales y métodos

La labor experimental se condujo en Salta Argentina (24° 55'S - 65° 29'O - altitud 1250 m) desde agosto del 2006 hasta febrero del 2007.

Se trabajó con 2 variedades de poroto, Alubia selección Cerrillos INTA y NAG 12 INTA. La primera variedad es del tipo comercial alubia blanco largo (60 g los 100 granos) presentaba granos dañados por un ataque de bacteriosis (*Xantomonas campestris* pv. *Phaseoli*) y mancha angular (*Phaeoisariopsis griseola* Sacc.) en el final del período reproductivo (R7 y R8). Mientras que la segunda variedad es del tipo comercial negro pequeño (22 g las 100 semillas) presentaba granos sanos y limpios sin ataque de enfermedades ni insectos. En la tabla 1 se presenta el análisis de los materiales empleados en el ensayo.

**Tabla 1.** Estado de los porotos al inicio del ensayo – Laboratorio central de análisis (normas ITSA) - Salta 2006

Tipo comercial	Germinación				Análisis físico					
	Energía	Plantas normales	Plantas anormales	Semillas muertas	Semilla pura	Material inerte	Semillas extrañas	Daño mecánico	Daño por enfermedad	Humedad (%)
Poroto blanco	92	83	13	4	86,34	0,47	0	1,17	12,02	14,1
Poroto negro	92	92	5	3	97	0,84	0,33	1,03	0,8	11,9

Además de la fuente de variación experimental definida por el estado del grano, se incluyó el contenido de humedad de los mismos al inicio del almacenamiento. Para incrementar el nivel de humedad, se desparramó el material empleado en cada tratamiento (450 kg) sobre un plástico para así formar una capa delgada de 2 a 4 cm; sobre ella se asperjó el agua necesaria para alcanzar los niveles deseados y

se cubrió el poroto con el mismo material plástico. A los 3 días se extrajeron muestras para medir el contenido de humedad por el método de secado en estufa durante 100 horas a 75° (1). En cada caso el cálculo del agua aplicada se hizo en base al contenido del material empleado (Tabla 1).

De tal suerte se obtuvo para cada tipo comercial de poroto 3 niveles de humedad con el propósito de construir una curva con los parámetros empleados en el estudio. En base a ello se plantearon 2 ensayos por separado uno con poroto blanco y otro con poroto negro. En ambos casos se utilizó un diseño de bloques completamente al azar con 4 tratamientos y 3 repeticiones. Siempre se utilizó como testigo una bolsa de 60 kg de polipropileno, llena con poroto en su condición inicial (Tabla 1) y ubicada sobre una tarima de madera. Los tratamientos consistieron en rellenar bolsas plásticas con granos de poroto (150 kg cada una) con 3 niveles de humedad (Tabla 2) y proceder a su cierre hermético. El contenido de humedad se expresa sobre base seca, vale decir:

$$H_{bs} = \frac{P_h - P_s}{P_s} \cdot 100 \quad (1)$$

$H_{bs}$  Humedad base seca

$P_h$  Peso húmedo

$P_s$  Peso seco

Todas las bolsas se ubicaron sobre piso de cemento, bajo un tinglado abierto que permitió la circulación del aire, pero en ningún momento incidió en forma directa el sol. Se incluye el contenido de humedad a los 53 días desde iniciado el ensayo, por considerarlo uniformizado ya que el cierre de las bolsas fue hermético.

**Tabla 2.** Cuadro de tratamiento de los ensayos 1 y 2 - Contenidos de humedad al inicio y a los 53 días - Salta 2006

<b>Ensayo 1 Poroto negro</b>	<b>Tipo de envase</b>	<b>Humedad (%) 22.08.06</b>	<b>Humedad (%) 20.10.06</b>
Testigo	Polipropileno	11,93	10,33
T 2	<b>Bolsa plástica</b>	Idem	12,66
T 3	Bolsa plástica	17,42	16,33
T 4	Bolsa plástica	18,97	18,33
<b>Ensayo 2 Poroto blanco</b>	<b>Tipo de envase</b>	<b>Humedad (%) 22.08.06</b>	<b>Humedad (%) 20.10.06</b>
Testigo	Polipropileno	14,14	12
T 6	Bolsa plástica	Idem	15,66
T 7	Bolsa plástica	20,99	20
T 8	Bolsa plástica	21,73	22

Se extrajeron 2 muestras de cada tratamiento y cada repetición (150 y 200 g respectivamente) en 3 fechas: 20.10.06, 13.12.06 y 26.01.07; es decir a los 53, 106 y 150 días desde el inicio de los ensayos. Las muestras de 150 g se enviaron al laboratorio central de análisis de la E.E.A. Salta para realizar análisis completos según normas ITSA (Tabla 1) mientras que las muestras de 200 g se enviaron al laboratorio de calidad de poroto de la E.E.A. Salta para realizar los análisis de calidad de cocción sobre la base de 3 parámetros: absorción de agua, cocción y reabsorción de agua durante la cocción.

En estos análisis se empleó la técnica modificada de Ricardo Bressanni (protocolo INTA E.E.A. Salta 1° versión) que consiste en pesar 100 g de porotos secos, los que se remojan durante 8 horas en agua de calidad conocida en una proporción 1 a 3 (300 cc). Se escurren durante una hora en sistema embu-

do filtro probeta, se toma el peso húmedo y se calcula el porcentaje de absorción con la ecuación 1. Luego de alcanzar el mínimo requerido (80%) se procede al tratamiento térmico. Éste se realiza en un recipiente a presión (1,5 libras/pulg<sup>2</sup>) y a una temperatura de 100 a 105 °C durante 15 minutos desde colocación en fuente calórica.

Luego de purgar la Espita, se escurre la muestra con un sistema filtro-recipientes hasta alcanzar la temperatura media. Para el caso de porotos negros se trasvasa a una probeta para medir sedimento amiláceo. A temperatura ambiente se toma el peso en cocido y se calcula la reabsorción de agua durante la cocción con la ecuación 2.

$$reabsorción(\%) = \frac{P_{cocido} - P_h}{P_h} \cdot 100 \quad (2)$$

$P_h$  Peso húmedo  
 $P_{cocido}$  Peso cocido

Finalmente se lee el sedimento y se calcula el porcentaje sobre volumen final de caldo de cocción. En el caso que existan porotos dañados, como en el ensayo 2, se pesan los granos dañados y se refiere en porcentaje sobre peso en cocido.

Los resultados fueron procesados estadísticamente con el software "Statgraphics" según un diseño de bloques completamente al azar y las diferencias entre medias con el test de Tukey al 95% de confianza.

## Resultados y discusión

### Ensayo 1

Los resultados obtenidos y la comparación de medias para los parámetros "*absorción de agua, poder germinativo y reabsorción de agua*" se presentan en las tablas 3, 4 y 5 respectivamente. Las medias en cada fecha de muestreo con la misma letra no presentan diferencias estadísticamente significativas (*d.e.s.*).

En los tratamientos testigo y T2 no se alteró la capacidad de absorber agua antes de la cocción en todo el período observado y sus diferencias no son *d.e.s.* Los tratamientos T3 y T4 manifestaron un deterioro de este parámetro a partir de los 53 días, aunque su magnitud se estabilizó en el período siguiente. Las diferencias entre estos tratamientos con respecto al testigo y T2 son *d.e.s.* La capacidad de absorber agua siempre fue menor en T4 con respecto a T3 y sus diferencias siempre fueron *d.e.s.*

**Tabla 3.** Resultados de absorción de agua en poroto negro - Salta 2006-07

Días	Testigo	T2	T3	T4
1	101,57			
53	100,25 (a)	98,88 (a)	93,69 (b)	90,33 (c)
106	100,65 (a)	98,32 (a)	95,39 (b)	90,83 (c)
150	100,53 (a)	99,19 (a)	95,1 (b)	94,01 (b)

**Tabla 4.** Resultados de poder germinativo en poroto negro - Salta 2006-07

Días	Testigo	T2	T3	T4
1	93			
53	92 (a)	94,6 (a)	91,3 (a)	93,3 (a)
106	95,3 (ab)	98 (a)	96,6 (a)	92 (b)
150	94 (a)	94 (a)	89,3 (a)	88,6 (b)

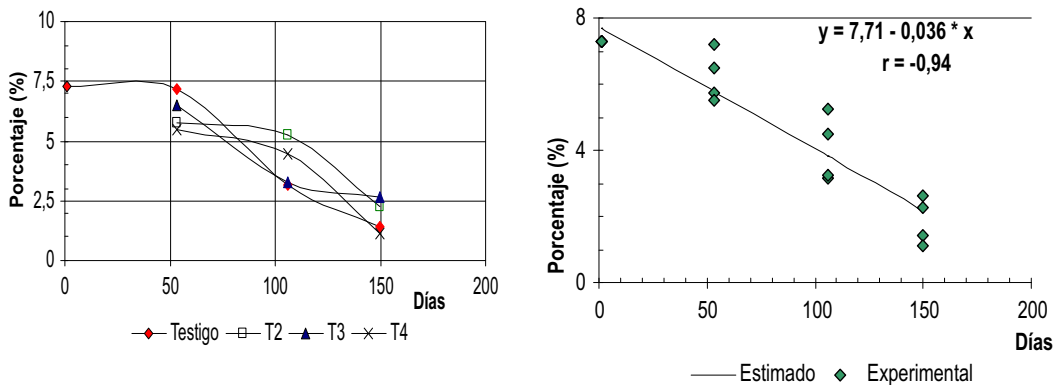


Los tratamientos testigo, T2 y T3 no disminuyeron el poder germinativo durante los 150 días del ensayo y las diferencias entre ellos no fueron estadísticamente significativas (*d.e.s.*). Sin embargo, a partir de los 150 días se observa una tendencia negativa en T3 sin que sea una *d.e.s.*

**Tabla 5.** Resultados de reabsorción de agua en poroto negro – Salta 2006-07

Días	Testigo	T2	T3	T4
1	7,3			
53	7,2 (a)	5,74 (a)	6,49 (a)	5,5 (a)
106	3,15 (b)	5,23 (a)	3,25 (b)	4,48 (a)
150	1,43 (a)	2,25 (b)	2,64 (b)	1,11 (a)

A partir de los 53 días de ensayo todos los tratamientos, incluido el testigo, pierden en forma sostenida su capacidad de reabsorber agua después de la cocción. Hasta los 106 días los tratamientos T2 y T3 presentan un deterioro menor de este parámetro, con respecto a los tratamientos testigo y T4 y las diferencias con estos son *d.e.s.*



**Figura 1.** Reabsorción de agua en poroto negro en relación al tiempo Salta 2006-07

El deterioro de este parámetro resumido en el gráfico 1, marca claramente la pérdida de permeabilidad de los granos como una consecuencia de la pérdida de calidad (2).

## Ensayo 2

También en este ensayo los resultados obtenidos y la comparación de medias para los parámetros "absorción de agua, poder germinativo y reabsorción de agua" se presentan en las tablas 6, 7 y 8 respectivamente. Las medias en cada fecha de muestreo con la misma letra no presentan diferencias estadísticamente significativas.

**Tabla 6.** Resultados de absorción de agua en poroto blanco - Salta 2006-07

Días	Testigo	T6	T7	T8
1	85,5			
53	89,31 (a)	89 (a)	82 (a)	79 (b)
106	86,7 (a)	84,6 (a)	81 (b)	80 (b)
150	87,2 (a)	88,1 (a)	81,3 (b)	80,6 (b)

En los tratamientos testigo y T6 no se alteró la capacidad de absorber agua antes de la cocción en todo el período observado y sus diferencias no son *d.e.s.* El tratamiento T8 manifestó un deterioro de este parámetro a partir de los 53 días con *d.e.s.* Mientras que el tratamiento T7 manifiesta deterioro para este parámetro a los 106 días con *d.e.s.*

**Tabla 7.** Resultados de poder germinativo en poroto blanco – Salta 2006-07

Días	Testigo	T6	T7	T8
1	92			
53	69,3 (b)	80,6 (a)	71,3 (b)	57,3 (c)
106	60 (b)	72,6 (a)	27,3 (c)	18,7 (c)
150	56,6 (a)	42,6 (ab)	33,3 (bc)	25,3 (c)

Los tratamientos testigo y T6 pierden poder germinativo desde la primera observación a los 53 días y sus diferencias son *d.e.s.* Vale destacar que en el tratamiento T6 (bolsa plástica) hasta los 106 días el poder germinativo es mayor que el testigo y deja de ser una *d.e.s.* recién a los 150 días.

Los tratamientos T7 y T8 presentan un deterioro del poder germinativo a los 53 días, con relación a los tratamientos testigo y T6, con *d.e.s.* Siempre la pérdida de poder germinativo fue más rápida en el tratamiento T8 con respecto al T7 y sus diferencias fueron *d.e.s.*

**Tabla 8.** Resultados de reabsorción de agua en poroto blanco – Salta 2006-07

Días	Testigo	T6	T7	T8
1	18,48			
53	9,32 (a)	7,33 (a)	7,3 (a)	11,25 (a)
106	8,44 (a)	9,27 (a)	6 (a)	4 (a)
150	12,5 (a)	9,7 (a)	4,7 (a)	10 (a)

No se observan *d.e.s.* entre los tratamientos para este parámetro.

## Conclusiones

### Ensayo 1

El almacenamiento de porotos sanos y limpios deriva en un deterioro en los 3 parámetros considerados para todas las modalidades incluidas, vale decir bolsas de propileno y bolsas plásticas. La sensibilidad de estos parámetros para su estimación es diferente. La reabsorción de agua después de la cocción es un parámetro más sensible que la absorción de agua de la misma y, ésta, es más sensible que el poder germinativo (2 y 3).

La magnitud del deterioro y el período de tiempo con que éste ocurre varía con el contenido de humedad de los granos al inicio del almacenamiento. Conforme éste es mayor, el deterioro se manifiesta más prematuramente. En igualdad de contenido de humedad de los granos al inicio del almacenamiento, el deterioro se manifiesta antes en la bolsa de polipropileno (testigo) que dentro de la bolsa plástica.

## Ensayo 2

La calidad de los granos de poroto utilizados en este ensayo, vale decir dañados por enfermedades fúngicas y bacterianas sobre el final del período reproductivo, experimentaron un deterioro muy rápido y sostenido en todos los tratamientos.

Conforme transcurrió el período de estudio los granos redujeron su permeabilidad, así en la segunda fecha de muestreo era general la presencia de granos sin daño aparente que permanecían duros luego de las 8 horas de remojo (3).

El deterioro del poder germinativo ocurrió también en forma sostenida para todos los tratamientos. Conforme el contenido de humedad fue más alto la magnitud del deterioro y la velocidad con que ocurrió también fue mayor.

En coincidencia con el ensayo 1, el parámetro "reabsorción de agua" es muy sensible para estimar el deterioro al punto tal que no pudo reflejar diferencias estadísticamente significativas entre ningún tratamiento en cualquiera de las fechas de muestreo, ello resulta lógico pues los granos iniciaron el almacenamiento con un grado de deterioro muy relevante.

## Recomendaciones

Mientras los granos de poroto se almacenen sanos y limpios, el grado de riesgo en relación al deterioro depende de su contenido de humedad, puede resumirse según la tabla 9.

**Tabla 9.** Riesgo durante el almacenamiento en relación al tiempo – Salta 2007

Tipo de envase y contenido de humedad	Riesgo bajo	Riesgo medio	Riesgo alto
Bolsa de polipropileno - H 12%	100 días	150 días	
Bolsa plástica - H 12%	100 días	150 días	
Bolsa plástica - H 16%	60 días	100 días	150 días
Bolsa plástica - H 18%	No hay	50 días	100 días

En caso de que los porotos cosechados presenten daño, producto de enfermedades provocadas por hongos y/o bacterias, el riesgo de deterioro durante el almacenamiento es alto, cualquiera sea el método que se emplee. La recomendación es someterlos a un procesamiento escrupuloso e inmediato y los granos limpios, así obtenidos, someterlos a industrialización en el corto plazo. La duración de este lapso de tiempo debería ser materia de próximos trabajos de investigación.

## Referencias bibliográficas

- (1) De Simone, M.E: (1998) Humedad de equilibrio en porotos (*Phaseolus vulgaris* L) – Congreso Argentino de Ingeniería Rural – La Plata – Argentina – pp:
- (2) De Simone, M.E. (1999) Estudio de los principales parámetros de diseño y regulación del sistema de trilla convencional para judías secas – Tesis doctoral – Universidad Politécnica de Valencia – España. pp 70 y 99.
- (3) Fili, M.J. (1996) Desarrollo de técnicas para determinar la calidad de cocción de porotos (*Phaseolus vulgaris* L) – Programa de fitomejoramiento – Informe de beca de perfeccionamiento E.E.A. Salta – inédito.
- (4) Fili, M.J. (2002) El poroto como alimento - capítulo 11 pp: 242-243 – El cultivo de poroto en la República Argentina – Ediciones INTA – editores Mario De Simone y Viviana Failde.

## **Evaluación del efecto de media sombra en la calidad del poroto almacenado en bolsas plásticas con sistema de embolsado por gravedad.**

Dr. Ing. Agr. Mario De Simone e Ing. Agr. Adriana Godoy. E.E.A. Salta

### **Fundamentación**

En la poscosecha el poroto se maneja en bolsas de 50 – 60 kg, en bolsones de 1000 kg y a granel. Existen muy pocas plantas procesadoras (encargadas de limpiar, separar las distintas clases de poroto y fraccionarlo) equipadas para manejar el poroto a granel, y muchas veces se ven excedidas en su capacidad de almacenamiento previo y posterior al procesamiento. En los campos de productores, se emplea muy a menudo el silo de campaña, donde el grano es sometido a las inclemencias climáticas, alta radiación, temperaturas muy elevadas (de hasta 47 °C) lluvias torrenciales en verano y gran amplitud térmica, en desmedro de su calidad. Por otro lado, las grandes extensiones que caracterizan a las unidades productivas sobre todo en el sector norte de producción de poroto, traen aparejados problemas serios de logística al momento de manipular el producto de cosecha.

Hasta la campaña 2005, la bolsa plástica se hallaba muy poco difundida y en aquellos casos donde se empleó se hizo con baja eficiencia por el uso de embolsadoras convencionales con sinfín de alimentación. En estos casos, se empleaban dichos sinfines a bajas revoluciones para evitar el daño mecánico de los granos, con lo cual en ninguna instancia se alcanzaba el estiramiento correcto de la bolsa y la compresión en su interior.

La aparición de la embolsadora desprovista de sinfín, con un sistema de embolsado por gravedad, que se presentó en la campaña 2006 como una alternativa promisoría para considerar a la bolsa plástica como un sistema de almacenamiento de corto y mediano plazo. A lo que se suma la simpleza del armado de la bolsa, los volúmenes factibles de ser almacenados (180, 190 toneladas promedio en 60 metros de bolsa) y la amplia gama de bolsas disponibles en el mercado. Asimismo, a grandes rasgos se distingue la incorporación de una media sombra como una pauta de manejo de la poscosecha en bolsas plásticas muy factible, aunque debe ser evaluado.

### **Objetivos**

Observar y evaluar el comportamiento del grano de poroto almacenado en bolsas plásticas directamente expuesto al sol y bajo media sombra. Discriminar dicho comportamiento a distintas profundidades.

Estimar la calidad del grano mediante parámetros sencillos y representativos.

Generar información sólida para ofrecer una herramienta concreta que:

- Permita determinar la factibilidad del embolsado y el montaje de la media sombra.
- Facilite a los productores la toma de decisiones al momento de almacenar el grano de poroto.

## Materiales y metodología

### Introducción.

A partir del 14/08/06 se inició un seguimiento mensual de bolsas plásticas de poroto armadas con la embolsadora MyS "energía cero". Se escogieron tres fincas situadas al norte de la provincia de Salta por la disponibilidad de la máquina embolsadora (incorporada a los sistemas productivos en la campaña 2006, por cuanto se encuentra en una fase experimental y adaptativa) y por su ubicación (la cual permitió abarcar gran proporción de la zona productiva):

Finca San Diego – Localidad: Ballivián.

Finca Río Grande – Localidad: Las Bateas.

Finca El Segundo – Localidad: entre Embarcación y Padre Lozano.

Paralelamente se montó un ensayo en una planta procesadora de poroto en Jujuy:

Cremer SA – localidad: Pampa Blanca.

### Estructura de media sombra.

En cada uno de los lugares citados se montó sobre una bolsa plástica para almacenamiento de granos una estructura semicircular de media sombra de 10 metros de largo, con un espacio anular entre la bolsa y la sombra de aproximadamente 90 centímetros como se ve en las fotos.



### Extracción de muestras.

La extracción de muestras se realizó mediante un calador de 160 cm de largo y 2,50 cm de diámetro, con 11 celdas independientes de 10 cm de largo cada una como se muestra en la imagen.



Para obtener muestras estratificadas se empleó el siguiente criterio: si se enumeran las celdas del 1 al 11 contando desde la base inferior del calador, se conserva el material de las tres celdas inferiores, el de la cuarta se desecha, los granos de las tres del medio se conservan, los de la octava se desechan, y se conserva el poroto de las tres celdas superiores coincidentes con la capa externa de grano, en contacto directo con la bolsa. De esta manera se obtienen tres muestras a distintas profundidades: arriba (primeros 30 cm), medio y centro de la bolsa.



Se efectúa el procedimiento tantas veces como sea necesario para lograr muestras de 400 gramos aproximadamente. Cada muestra obtenida se divide en dos, para distribuir entre los laboratorios encargados del análisis posterior.

Paralelamente se consideró importante discriminar aquellas muestras extraídas de la capa más externa de grano, correspondiente a los primeros 10 cm en contacto con la bolsa, debido a que se cree podría ser en ese sector donde se producen los procesos más relevantes, que alteran la calidad del poroto.

### ***Parámetros de estimación de la calidad del grano.***

Se adoptaron dos criterios para estimar los cambios en la calidad del grano:

**Físico:** Estimado mediante la determinación de poder germinativo (%) y humedad (%), en el Laboratorio de Análisis de Semillas de la E.E.A. INTA Salta. Poder germinativo determinado con método Standard y humedad determinada, mediante el secado en estufa durante 3 días a 70°C.

**Industrial:** Estimado a través del tiempo de absorción de agua durante el remojo y el tiempo de cocción, en el Laboratorio de Calidad Culinaria de la E.E.A. INTA Salta.



## **Resultados y discusión**

La última extracción de muestras se efectuó durante la primera quincena del mes de Febrero 2007. Los análisis posteriores en laboratorio se concluyeron a principios de Marzo 2007. De lo cual resultó lo siguiente:

En primera instancia cabe destacar que el ensayo realizado en Finca San Diego (localidad Ballivián,

Salta) se discontinuó en sus inicios (28 - 29/09/06) y sólo fue factible extraer muestras en una sola fecha. Esto se debió a que se presentó una oportunidad prioritaria para la empresa de comercializar el poroto almacenado en la bolsa plástica en cuestión.

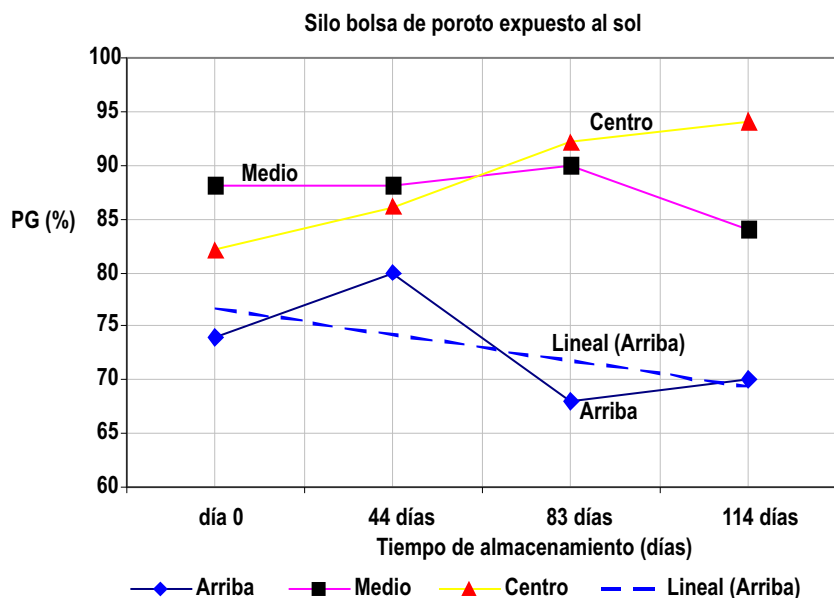
Asimismo, sucedió que en la planta procesadora de poroto Cremer SA (localidad Pampa Blanca, Jujuy) sólo fue factible realizar extracciones de muestras en dos fechas, dado que en la tercera el ensayo se discontinuó también por cuestiones de comercialización (06/11/06). Si bien el personal de la planta se encargó de extraer muestras previamente al desarmado de la bolsa plástica, las mismas se tomaron con otra metodología en la que no se contempló la estratificación de los sectores superior, medio e interno de la bolsa.

Por lo expuesto, no fue factible realizar un seguimiento continuo de las dos bolsas plásticas citadas precedentemente y se hará especial hincapié en aquellos evaluados en Finca Río Grande (localidad Las Bateas, Salta) y Finca El Segundo (entre Embarcación y Padre Lozano, Salta), en el análisis del poder germinativo y la humedad del grano. Para el análisis de los parámetros referidos a la calidad industrial del grano, se consideran los cuatro lugares evaluados por la riqueza de información obtenida.

#### **Finca Río Grande (localidad Las Bateas, Salta).**

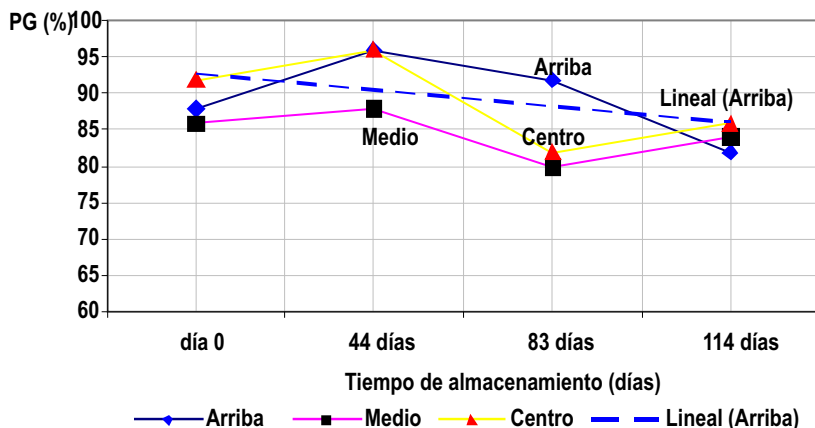
- En la misma se evaluó poroto tipo comercial negro pequeño (19 gr. las 100 semillas) cosechado con sistema de cosecha directa (CASE 2388 axial) durante la campaña 2006.
- Período de evaluación: 150 días comprendidos entre el 22/08/06 y el 19/01/07.
- Bolsa Plástica IPESASILO y embolsadora MyS "energía cero".

Poder germinativo (PG): número de plantas normales emergidas entre los 5 y 7 días de la siembra expresado en porcentaje.



**Figura 1.** Evolución del PG (%) en los 3 estratos (arriba, medio, centro) de poroto almacenado en bolsa plástica expuesto al sol. Finca Río Grande, Las Bateas, Salta.

### Silo bolsa de poroto bajo media sombra



**Figura 2.** Evolución del PG (%) en los 3 estratos (arriba, medio, centro) de poroto almacenado en bolsas plásticas bajo media sombra. Finca Río Grande, Las Bateas, Salta.

En las Figuras 1 y 2 puede observarse que el PG presenta valores más uniformes y similares para los tres estratos bajo cobertura de media sombra. En el caso del poroto expuesto al sol se distingue que los estratos medio e inferior tienen comportamiento similar, mientras que arriba se observa una marcada tendencia decreciente con respecto a este parámetro evaluado. Si se puntualiza la zona de máxima diferencia entre el estrato superior y los dos restantes en ambos casos, resulta que bajo media sombra ésta es de 12% (a los 83 días de almacenamiento) y con exposición al sol esa diferencia es de 24% (a los 83 y 114 días de almacenamiento) o sea el doble. Con esto se puede ver el rango de valores de PG comprendido entre los estratos.

A pesar de su tendencia decreciente, los porcentajes de PG se mantienen dentro de valores aceptables (iguales o superiores a 80%) en el período de 114 días en las dos situaciones (sol y media sombra) con la salvedad del estrato superior expuesto al sol, donde el **PG cae por debajo de 70% a los 83 días de almacenamiento.**

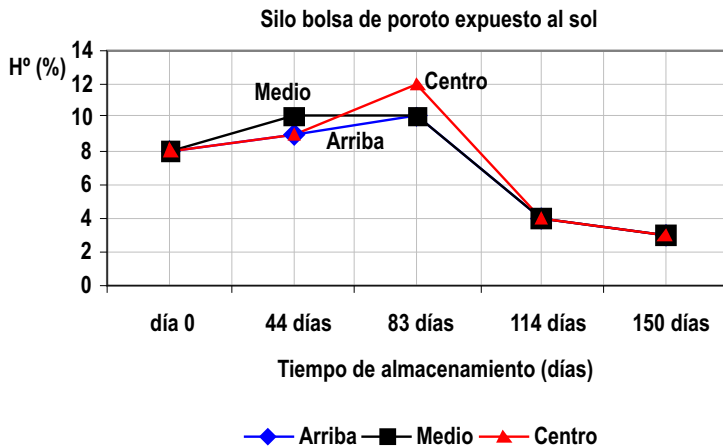
Cabe destacar que en las Figuras 1 y 2 no se incluye la última observación, realizada a los 150 días de almacenamiento, porque la media sombra fue extraída de la bolsa plástica por efecto de fuertes vientos que destruyeron la estructura el 06/01/07, es decir 13 días antes de la última muestra. Esto ocasionó que las dos condiciones contrastantes se uniformen. Igualmente se observó que el PG se mantuvo en valores aceptables.

#### **Humedad ( $H^{\circ}$ ).**

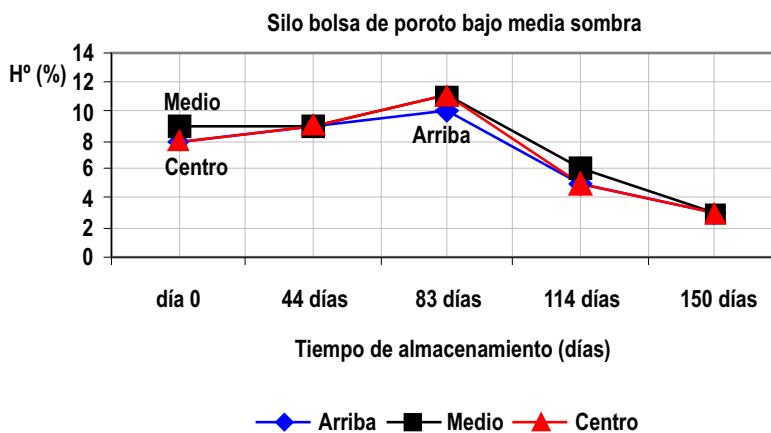
Las Figuras 3 y 4 muestran una clara tendencia decreciente en las dos situaciones, la cual a su vez es muy pareja en los tres estratos. Tal es así que hay una superposición de las curvas. Se observa que en el caso con exposición al sol, la humedad alcanza un valor de 4% a los 114 días de almacenamiento, es decir 2 puntos por debajo de lo obtenido bajo media sombra.

Se distinguen valores aceptables de  $H^{\circ}$  hasta los 83 días de almacenamiento, a partir de allí se produce una caída abrupta. A los 150 días de almacenamiento los dos casos - sol y media sombra - muestran el mismo valor de  $H^{\circ}$  = 3% debido a la extracción de la media sombra 13 días antes del muestreo, lo cual uniformó ambas humedades.





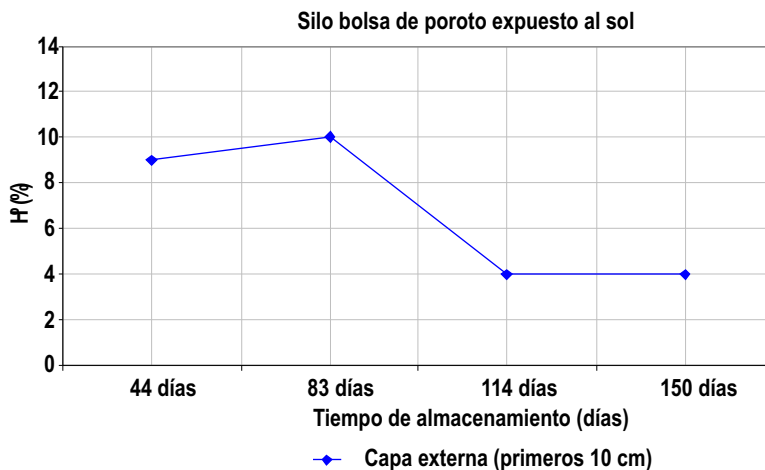
**Figura 3.** Evolución de la humedad del grano (%) en los 3 estratos (arriba, medio, centro) de poroto almacenado en bolsa plástica expuesto al sol. Finca Río Grande, Las Bateas, Salta.



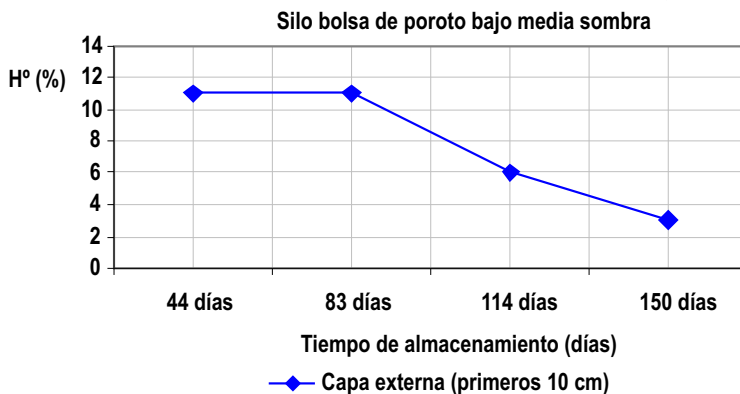
**Figura 4.** Evolución de la humedad del grano (%) en los 3 estratos (arriba, medio, centro) de poroto almacenado en bolsa plástica bajo media sombra. Finca Río Grande, Las Bateas, Salta.

De observar las Figuras 5 y 6, surge que en la capa superficial (primeros 10 cm) el comportamiento es similar, con una clara caída, con **buenos valores de Hº hasta los 83 días de almacenamiento** y un quiebre a partir de los 114 días, más notable en el caso con exposición al sol donde cae de 10% a 4%.

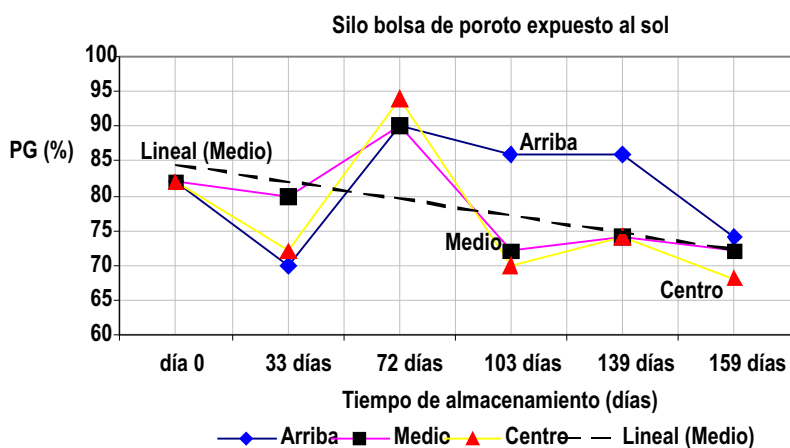
- En la misma se evaluó poroto tipo comercial negro pequeño variedad Azabache, cosechado con sistema de cosecha directa, máquina New Holland TR axial durante la campaña 2006.
- Período de evaluación: 159 días comprendido entre el 02/09/06 y el 08/02/07.
- Bolsa plástica IPESASILO y embolsadora MyS "energía cero".
- NOTA: Este caso fue el único donde se pudo ejercer control en el armado de la bolsa, pues para el ensayo se contó con la provisión de la bolsa por parte de la empresa IPESASILO y de alrededor de 20 toneladas de poroto por parte del propietario de la finca, quien además posee la embolsadora y en la campaña 2006 sólo la empleó para almacenar soja.



**Figura 5.** Evolución de la humedad del grano (%) de la capa superficial (primeros 10 cm) de poroto almacenado en bolsa plástica expuesto al sol. Finca Río Grande, Las Bateas, Salta. Godoy A. 2007



**Figura 6.** Evolución de la humedad del grano (%) de la capa superficial (primeros 10 cm) de poroto almacenado en bolsa plástica bajo media sombra. Finca Río Grande, Las Bateas, Salta. Godoy A. 2007



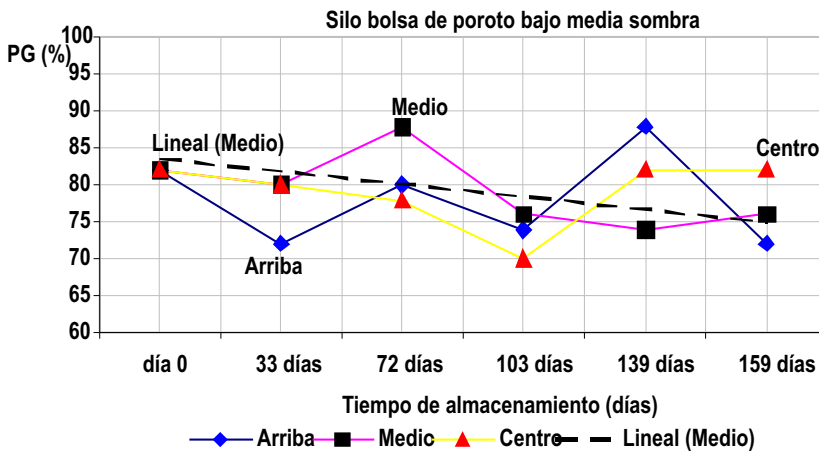
**Figura 7.** Evolución del poder germinativo (%) en los 3 estratos (arriba, medio, centro) de poroto almacenado en bolsa plástica expuesto al sol. Finca El Segundo, Salta. Godoy A. 2007

### Poder germinativo (PG).

Se observa en la Figura 7 correspondiente a poroto expuesto al sol, un pico a los 72 días de almacenamiento con valores de PG comprendidos entre 90% y 94%, lo cual no es factible dado que el valor de partida, cuando se armó la bolsa plástica, es de 82%. En la Figura 8 correspondiente a poroto bajo media sombra aparecen 2 picos de 88% a los 72 y 139 días de almacenamiento. El poroto embolsado proviene del mismo lote y fue almacenado en silo de campaña por un periodo de 20 días. Por cuanto, los valores atípicos pueden atribuirse a dos factores:

- Error experimental, en caso de considerar que el poroto pertenece al mismo lote y no sufrió deterioro durante los 20 días que se almacenó, en silo de campaña.
- Mezcla de porotos de distinta calidad en la bolsa plástica, si se considera que se produjo deterioro en el silo de campaña, y que a su vez este último fue más acentuado en unos granos que en otros.

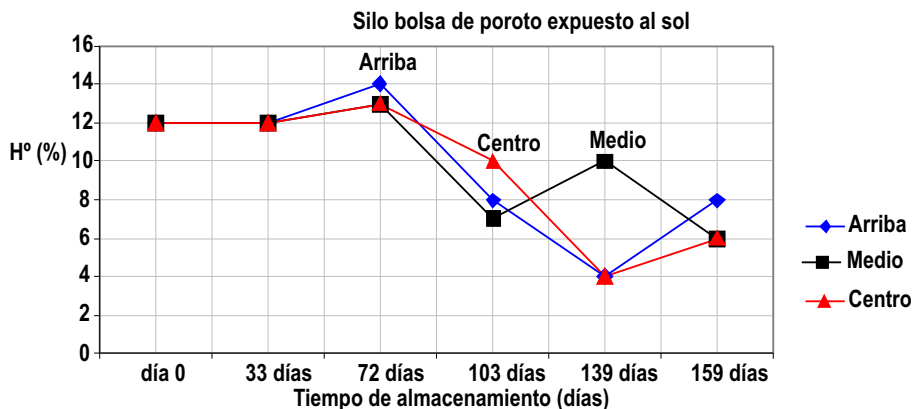
De igual manera no es posible discriminar cuál de los dos factores es el más relevante, por lo cual se aísla del análisis a las observaciones en cuestión. Así se distingue que tanto al sol como bajo media sombra en los tres estratos hay una tendencia decreciente. Bajo media sombra, dicha tendencia es menos pronunciada que en exposición al sol.



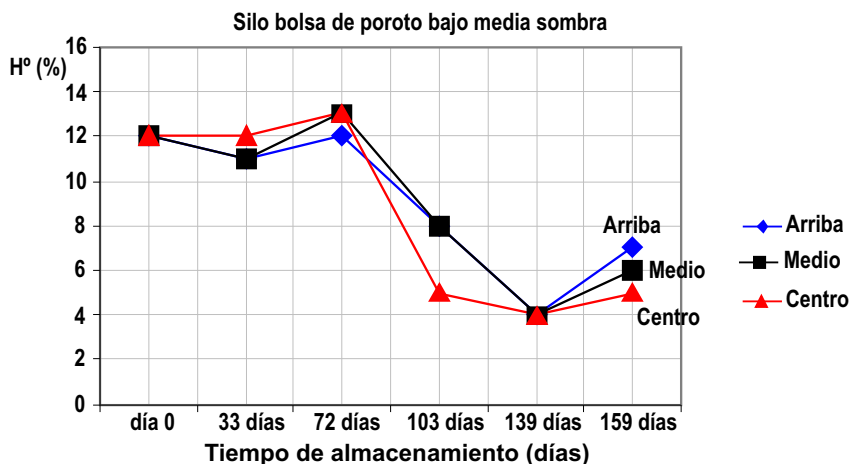
**Figura 8.** Evolución del poder germinativo (%) en los 3 estratos (arriba, medio, centro) de poroto almacenado en bolsas plásticas bajo media sombra. Finca El Segundo, Salta. Godoy A. 2007

### Humedad (H°).

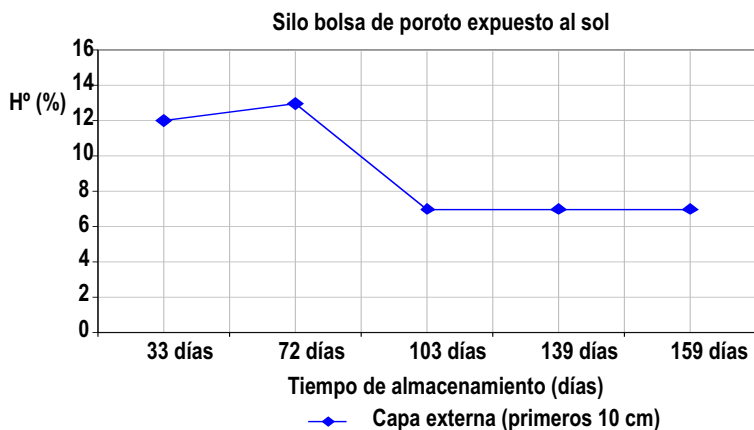
En las Figuras 9 y 10 se observa una clara tendencia decreciente, bastante uniforme y pareja en los tres estratos. El estrato superior, en el caso con exposición al sol, presenta valores iguales o superiores a los estratos restantes, posiblemente debido a la condensación por efecto de la gran amplitud térmica característica de la zona. En la capa superficial, en contacto directo con la bolsa (primeros 10 cm), se observa idéntico comportamiento (Figuras 11 y 12).



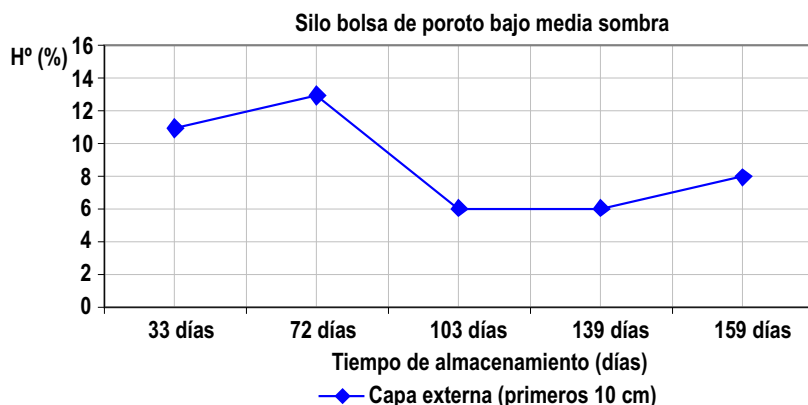
**Figura 9.** Evolución de la humedad del grano (%) en los 3 estratos (arriba, medio, centro) de poroto almacenado en bolsas plásticas expuesto al sol. Finca El Segundo, Salta. Godoy A. 2007



**Figura 10.** Evolución de la humedad del grano (%) en los 3 estratos (arriba, medio, centro) de poroto almacenado en bolsas plásticas bajo media sombra. Finca El Segundo, Salta. Godoy A. 2007



**Figura 11.** Evolución de la humedad del grano (%) de la capa superficial (primeros 10 cm) de poroto almacenado en bolsas plásticas expuesto al sol. Finca El Segundo, Salta. Godoy A. 2007



**Figura 12.** Evolución de la humedad del grano (%) de la capa superficial (primeros 10 cm) de poroto almacenado en bolsas plásticas bajo media sombra. Finca El Segundo, Salta. Godoy A. 2007

La humedad muestra valores aceptables hasta un período comprendido entre los **72 y los 103 días de almacenamiento**, donde alcanza valores inferiores a 8%.

*Parámetros de estimación de la calidad industrial del grano.*

**Absorción:** Cantidad de agua que absorbe el grano de poroto, durante el remojo, expresada en porcentaje. El tiempo de remojo considerado en la técnica corresponde a 8 hs. Valores buenos para poroto negro se encuentran entre 80 y 90%.

**Reabsorción:** Cantidad de agua que absorbe el grano de poroto durante la cocción, expresada en porcentaje. La misma compensa la absorción (cuando ésta es baja), porque el aumento de temperatura implica un aumento de la permeabilidad del grano. El tiempo de cocción considerado en la técnica corresponde a 15 minutos.

**Grano visiblemente deteriorado (GVDET):** Parámetro cualitativo del aspecto visual del grano de poroto, expresado en porcentaje sobre una muestra dada. Se considera como límite para el poroto negro al 5%.

**Sedimento:** Cantidad de sedimento presente en el caldo, resultante de la cocción, obtenido luego de un proceso de decantación y expresado en porcentaje de volumen. Se considera como buenos valores aquellos superiores al 15 – 20% para porotos negros, pues se busca que los mismos se desarmen en la cocción y generen un caldo espeso y marrón (condiciones determinadas por el consumidor).

En el poroto negro, proveniente de las fincas Río Grande y El Segundo, hasta los **77 días de almacenamiento** promedio, se observan altos porcentajes de absorción comprendidos entre 77% - 92% para la primera y 88% - 98% para la segunda. El sedimento alcanza valores que superan el 20% y en algunos casos llega a rondar el 30%, lo cual genera bajos valores de reabsorción e incluso hasta valores negativos. Esto último se debe a que al romperse el grano durante la cocción, libera los sedimentos al caldo, los cuales serán separados por decantación; se dificulta entonces cuantificar la reabsorción de agua por el grano durante la cocción. Como resultado se observan granos bien cocidos y caldo espeso y marrón. No aparecen granos visiblemente deteriorados.

En la capa superficial de los primeros 10 cm se evidencia mayor sensibilidad al deterioro de manera cualitativa pero cuantitativamente no existen valores que permitan asegurar esta situación.

No se observan diferencias significativas entre los valores registrados al sol y bajo media sombra e incluso entre los tres estratos.

A partir de los 77 días de almacenamiento comienzan a detectarse problemas en la cocción, el porcentaje de absorción alcanza el límite, el porcentaje de sedimento cae especialmente en el poroto proveniente de la finca Río Grande, donde alcanza valores del 16%, aumentan las horas de remojo a 9 hs, aparecen granos muy cocidos, semi-cocidos y duros, es decir se presenta una cocción despareja. Esto indica el comienzo del deterioro, que se acentúa a los **108 días de almacenamiento** promedio. No se distinguen diferencias significativas entre casos de exposición al sol bajo media sombra, pero sí *aparecen diferencias entre estratos*. El estrato superior muestra bajos valores de absorción y sedimentos.

De lo expuesto se puede evidenciar que en ambas fincas se almacenó poroto nuevo, producto de la campaña 2006.

En la planta procesadora Cremer SA, se obtuvieron valores de absorción próximos al límite y fue necesario remojar el poroto hasta 10 hs. El porcentaje de sedimentos registrado se encuentra entre 13% – 15%. Si bien sólo fue evaluado en un período de 51 días, no se observaron cambios considerables de la condición de partida, con lo cual se puede inferir que se trata de grano viejo, el cual presenta la testa endurecida y por lo tanto menos permeabilidad.

En la finca San Diego se presentó el único caso de poroto blanco a evaluar, correspondiente a la variedad comercial 919. El mismo presentó altos valores de absorción todos próximos a 100%, con un porcentaje de sedimentos inferior a 15% (en poroto blanco la ruptura del grano durante la cocción no es una característica deseable) e incluso requirió de menos horas de remojo. Lamentablemente no fue posible hacer un seguimiento, aunque se pretende concretarlo en la próxima campaña.

### **Síntesis de la discusión:**

Hay pérdida de poder germinativo en las dos situaciones (sol y media sombra) en el orden del 10%.

Existen diferencias entre el estrato superior y los dos restantes, los cuales se comportan de manera similar. Bajo el sol el estrato superior muestra mayor pérdida de PG: alcanza 70% (valor crítico) en menor tiempo de almacenamiento (83 días). Por lo tanto es más susceptible al deterioro.

No existen diferencias significativas en cuanto a PG entre los 10 cm superficiales en contacto directo con la bolsa y los 30 cm que conforman el estrato superior.

En media sombra se reducen las diferencias de PG entre estratos y la tendencia decreciente es menos pronunciada.

El PG, en general, no llega a valores críticos hasta 100 días de almacenamiento, e incluso si se parte de altos valores de PG como 90% se puede prolongar el almacenamiento hasta 150 días.

Hay pérdida de humedad en las dos situaciones: sol y media sombra.

No se observan diferencias significativas de H° entre sol y media sombra.

No se observan diferencias significativas de H° entre estratos. El estrato superior expuesto al sol presenta incrementos de 1 o 2 puntos que pueden atribuirse al fenómeno de condensación generado por la amplitud térmica. El estrato superficial de los primeros 10 cm muestra un comportamiento similar a éste último.

Se obtienen buenos valores de H<sup>o</sup> en un período comprendido entre 90 y 100 días de almacenamiento, a partir de allí la caída de humedad es abrupta.

Hay pérdida de calidad industrial del grano. Dicha pérdida es similar en porotos de bolsa plástica expuesto al sol como bajo media sombra.

El cambio de calidad del grano que puede considerarse deterioro crítico se genera a partir de aproximadamente los 92 días de almacenamiento en promedio. Hasta esa instancia no se observan diferencias entre estratos, a partir de este punto, el estrato superior sufre los mayores cambios, evidenciados sobre todo por el aumento del tiempo de remojo y la dureza del grano luego de ser sometido al proceso de cocción producto de la baja absorción.

### **Conclusión**

La diferencia entre sol y media sombra sólo se evidencia a nivel del estrato superior en cuanto al comportamiento del PG.

Partiendo de la humedad de cosecha, que es baja, no hay diferencias significativas entre sol y media sombra.

Para los parámetros de calidad industrial no hay diferencias entre sol y media sombra.

Para el uso de la bolsa plástica en poroto a la humedad normal de cosecha, el limitante en cuanto al tiempo seguro de almacenamiento es la evolución de la humedad del grano, dado que por pérdida abrupta de humedad se produce el endurecimiento de la testa (impermeabilidad) y la consecuente pérdida de calidad industrial por limitación de absorción y reabsorción. El PG no es una limitante para el almacenamiento en bolsas plásticas.

### **Recomendación:**

Se puede almacenar poroto negro sano, seco y limpio con bajo riesgo 100 días y con riesgo medio 150 días.

**Conclusiones generales:** *La investigación y experimentación en tecnología de almacenamiento de bolsas plásticas ha sido impulsada en gran proporción por este Convenio de Asistencia Técnica entre el INTA y las Empresas Fabricantes de Bolsas Plásticas. Los resultados obtenidos en esta etapa de trabajo constituyen un aporte significativo al sector agropecuario, el cual ha sido acompañado por un gran equipo de trabajo y apoyo de otras empresas y profesionales del sector público y privado. Estamos convencidos de que aún queda mucho por hacer y mejorar en diversos aspectos, que hacen a esta tecnología. El compromiso asumido entre el INTA y las Empresas Fabricantes de Bolsas Plásticas continuará, con el objetivo de seguir trabajando en conjunto para hacer cada vez más eficiente esta tecnología.*

Los autores  
Comisión Técnica Revisora  
Empresas patrocinantes

La verdadera SILOBOLSA® es PLASTAR



SILOBOLSA®

 PLASTAR

\*Silobolsa es una marca registrada de Plastar San Luis S.A.



La caja fuerte del campo argentino

Buenos Aires | (54-11) 4459-5577  
Mendoza | Tel/Fax: (0261) 422-3751  
Sunchales | Tel/Fax: (03493) 42-2360  
Pergamino | Tel/Fax: (02477) 44-5005  
Patagonia | Tel: (02944) 441552

[www.silobolsa.com](http://www.silobolsa.com)

0800-222-PLASTAR (7527)

[silobolsa@plastargroup.com](mailto:silobolsa@plastargroup.com)





El trabajo de los técnicos del INTA y la concreción de este Convenio de Asistencia Técnica, a través de los años, dieron como producto la determinación de la tecnología adecuada para este sistema de almacenamiento. Se trabajó en granos de los cultivos tradicionales (Maiz, Soja, Trigo, Girasol, Sorgo) y se incorporaron otros como la Cebada, Arroz, Poroto y Algodón. Toda esta experiencia lograda gracias a una fuerte integración entre el sector privado y el INTA, hace que hoy la Argentina tenga los avances más destacados del mundo en almacenamiento de granos en bolsas plásticas y lidera esta tecnología en otros países. Esto fomentó la exportación de máquinas, equipos y bolsas hacia otras partes del mundo y permitió que esta práctica, que se aplicaba solamente a nivel de productor agropecuario, también se aplique en los acopios, puertos y empresas industriales. La confiabilidad lograda en esta tecnología, incentivó el uso de este tipo de almacenamiento, llegando a la última campaña (07/08) a un volumen de granos en bolsas plásticas superior a los 35 millones de t.

Este Convenio de Vinculación Tecnológica entre el sector privado y el sector oficial ha contribuido significativamente al crecimiento del sector agropecuario, de las empresas fabricantes de bolsas, de insumos, máquinas y equipos, con el consiguiente beneficio económico – social de un importante sector de la Argentina.

**IpesaSilos**  
Embolsa más 

**SILOBOLSA®**  
 **PLASTAR**

**Bolsas para Silo**

**Agrinplex®**



Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)  
E.E.A. Manfredi