

INCIDENCIA DEL DISEÑO DE EMBOLSADORAS EN LA CALIDAD DEL ARROZ CONSERVADO EN SILO BOLSA

RAMÓN HIDALGO¹; OSCAR. POZZOLO²; FABIO DOMÍNGUEZ ¹; ENRIQUE BEHR ⁵;
GUIDO BOTTA ^{3,4}

¹ Ing, Agr. M. Sci Facultad de Ciencias Agrarias, UNEE, Sargento Cabral 2138 - (3400) Corrientes, Argentina.
rhidalgo@agr.unne.edu.ar

² Ingeniero Agrónomo, Dr., Director Instituto de Ingeniería Rural, INTA Castelar, Buenos Aires, Argentina.

³⁻⁴ Ing. Agr., Dr. Facultad de Agronomía, UBA, Av. San Martín 4500, Buenos Aires. Facultad de Agronomía, UNLu, Ruta Nac. 5 y Av. Constitución (6700) Luján, Buenos Aires. Argentina.

⁵ Ing, Agr. INTA Agencia de Extensión Rural Crespo.

Apresentado no
X Congreso Latinoamericano y del Caribe de Ingeniería Agrícola - CLIA 2012
XL Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2012
15 a 19 de julho de 2012 - Londrina - PR, Brasil

RESUMO: En Argentina se almacenan anualmente en bolsas plásticas más de 35 millones de toneladas de granos, aproximadamente 70.000 corresponden a arroz. Para este cultivo una de las principales limitantes es el quebrado producido por el embolsado, desconociéndose cuál es el diseño mecánico menos agresivo. Se analizaron tres representativos del mercado, definidos como tratamiento principal: T1) por gravedad sin tornillo alimentador, T2) con tornillo sinfín, 60 cm de diámetro, 45 cm de largo y horizontal T3) con tornillo sinfín, 60 cm de diámetro, 65 cm de largo e inclinado, a su vez se trabajó con dos humedades de grano 12 y 16% analizados como subtratamientos, siendo el testigo el grano previo embolsado. Las bolsas fueron 60, comerciales, de 2,7 m de diámetro de aproximadamente 150 t c/u. Se utilizó análisis de varianza con diseño factorial completo. Los resultados tuvieron diferencias no significativas para los tratamientos 1 y 2 tanto a 12 cuanto a 16% de humedad. T1: 50,86 vs 50,84% y 50,94 vs 50,91%; T2: 50,81 vs 50,27% y 50,85 vs 50,29% respectivamente. Sí se encontraron diferencias para T3: 50,97 vs 49,59% y 51,12 vs 49,61% siendo el que mayor daño causó.

PALAVRAS-CHAVE: Atmosfera modificada, postcosecha arroz, silo bolsa

IMPACT OF DESIGN QUALITY BAGGED SILAGE RICE BAG

ABSTRACT: In Argentina, more than 35 million tons of grains are stored in plastic bags. From that amount, approximately 70,000 belong to rice. One of the main issues related to this crop is that the process of bagging breaks the rice and it is unknown the less aggressive mechanical design up to now. Three commercial designs were tested and analyzed in this study. They were defined as primary treatments: T1) by gravity without screw feeder; T2) with horizontal screw feeder, 60 cm in diameter, 45 cm long; T3) with screw feeder angled, 60 cm in diameter, 65 cm long. At the same time, two grain moisture were used: 12 y 16% and they were analyzed as sub treatments. The control sample was the grain before being bagged. Sixty commercial bags of 2.7 m of diameter and approximately 150 t. were employed. We used analysis of variance with full factorial design. No significant differences were found for T1 and T2, either at 12 or 16% of humidity. T1: 50.86 vs

50.94 vs 50.84% and 50.91%, T2: 50.81 vs 50.85 vs 50.27% and 50.29% respectively. Differences were found for T3: 50.97 vs 51.12 vs 49.59% and 49.61% being the most harmful one

KEYWORDS: modified atmosphere, postharvest rice, silo bag

INTRODUÇÃO

El incremento de la producción nacional de cereales y oleaginosas ocasionó un desbalance con la capacidad de almacenaje de granos instalada (Aposgran, 2005). Este déficit implicó una ineficiencia en la poscosecha derivado en mayores costos principalmente para el productor, influyendo 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 la campaña 04/05, en el país, se conservaron más de un 20% del total de granos producidos mediante este sistema. En la campaña 06/07 la producción nacional fue de 95 millones de toneladas solamente de trigo, soja, maíz y girasol con un total de capacidad de almacenaje permanente estimada en 65 – 75 millones de toneladas (SAGPyA, 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 (PRECOP, 2007).

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, sumado al hecho, que en la actualidad existen múltiples factores que inciden sobre la decisión de conservar la producción tranquilas adentro, han jugado un rol fundamental en la generalización del uso de bolsas plásticas. 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 (Pozzolo *et al.*, 2006)

Por su parte Bartosik *et al.* (2007) indican que 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, mientras que Hidalgo et al (2008) señalan para la campaña 07/08 se han conservado alrededor de 70.000 tn de arroz mediante este sistema y que en la actualidad esta tendencia se mantiene (Pozzolo *et al.* 2010)

Como contraparte de las ventajas que ocasiona este sistema de conservación se pueden enumerar varias siendo las principales la ruptura de la bolsa producidas por distintas causas (climáticas y roedores principalmente) que si no es reparada a tiempo se pierde hermeticidad ingresando oxígeno y humedad ambiente ocasionando un incremento del ritmo respiratorio de todos los seres vivos lo que se expresará en un aumento inmediato de la temperatura. (Bartosik 1999) y el daño mecánico al grano en el manipuleo de embolsado y extracción. Sabido es que todo movimiento del grano en el proceso de secado y conservación produce daño mecánico a este, más aún si es realizado por medio de tornillos sinfines agravándose en la medida que aumenta su inclinación. Estudios realizados por Hidalgo *et al.* (2006) concluyen que el manipuleo del grano en todo el proceso (circuito alimentación a embolsadora-embolsado-extracción-alimentación a planta de industrialización) utilizando sinfines no adecuados (espiras desgastadas, largos superiores a los 650 mm, con diámetro inferior a 500 mm e inclinados) ocasionaron mermas de granos enteros de 10,61%, mientras que el uso de embolsadora con chimango cortos y horizontales en buen estado y extractora con sinfín alimentador en mal estado produjo una merma del 6,38%. Estas cifras indican la importancia que pueden tener estos procesos de movimiento del grano en el resultado económico final 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. (Hidalgo *et al.* 2005)

Las alternativas tecnológicas utilizadas para atenuar o evitar la rotura de granos son evitar el desgaste prematuro de las espiras de los sinfines alimentadores mediante aporte de material duro, debido a la alta abrasión que tienen los granos de arroz y la elección de diseños de embolsadoras menos agresivos.

Actualmente en el mercado de embolsadoras existen diferentes diseños particularmente en lo referido al sistema de alimentación. Desde este punto de vista, se pueden diferenciar aquellas con sinfines angulados, otras con sinfines horizontales y finalmente aquellas que no utilizan sinfines, basándose en energía gravitatoria para realizar el proceso de embolsado lo que la hace particularmente interesante para su utilización en arroz. Respecto a las extractoras, si bien también hay diferencias de diseño en el mercado, todas utilizan los sinfines para mover el grano, a excepción de algunas neumáticas prácticamente no utilizadas.

En el marco planteado, se considera importante aportar información sobre el impacto que puede ocasionar la elección de un diseño determinado de embolsadora, El objetivo del presente trabajo es analizar el daño mecánico, expresado en porcentaje de granos enteros en el proceso de embolsado de arroz utilizando tres diseños diferentes de alimentación representativos del mercado: por gravedad, por tornillo sinfín con características de corto y horizontal y por tornillo sinfín más largo e inclinado.

MATERIAL E MÉTODOS

En la provincia de Corrientes, Argentina, se llevaron a cabo ensayos para determinar el daño mecánico al grano de arroz producido por el proceso de embolsado. Para ello, se utilizaron 3 embolsadoras nuevas, la primera con sistemas de alimentación por gravedad (Embolsadora 1 EM 1), la segunda con tornillo sinfín, de 600 mm de diámetro, 450 mm de largo dispuesto en forma horizontal (Embolsadora 2 EM 2) y la tercera con tornillo sinfín, de 600 mm de diámetro, 650 mm de largo e inclinado aproximadamente 28° respecto a la horizontal del equipo. (Embolsadora 3 EM 3). A todos los tornillos sinfín, para evitar el desgaste prematuro de las espiras y ejes, se procedió a realizarle un aporte de acero al boro, de esta manera se esperaba disminuir una posible fuente de error de muestreo provenientes del desgaste. Las máquinas fueron reguladas según especificaciones de fábrica y controlado el régimen de toma de potencia (TdF) a 540 vueltas por minuto para las de sinfín.

Se utilizaron bolsas plásticas, tipo comercial, denominadas 9 pies de 2743 mm de diámetro embolsándose 20 bolsas por embolsadora con grano a dos humedades, 10 bolsas con arroces a humedades promedios de 12% (humedad de comercialización) y 10 bolsas con material cuya humedad promedio fue de 16% lo que totalizó 60 bolsas con aproximadamente 9.000 t, las que fueron analizadas en forma separada.

Se tomaron 9 muestras, a diferentes intervalos, a la salida del sinfín alimentador del carro tolvero previo al ingreso a las embolsadora, en cada proceso de embolsado y para cada embolsadora, totalizando 90 muestras para cada humedad, las que sirvieron a modo de testigo. Una vez constituida la bolsa se realizaron extracciones de muestras al inicio (primer tercio de la bolsa), en la zona media y final de la bolsa (último tercio) a tres alturas, 30 cm por debajo del extremo superior, en la parte media y 30 cm por encima de la parte basal mediante el uso de calador tipo "sonda", de esta manera se totalizaron 90 muestras para bolsas con humedades del 16% y otras 90 muestras para humedades del 12%. Todas las muestras fueron llevadas a laboratorio donde se obtuvieron los valores de rendimiento industrial, granos enteros y granos quebrados de acuerdo a los análisis de rutina de acopio.

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 E DISCUSSÃO

Embolsadora 1:

Al analizar los resultados del proceso de embolsado se observó un bajo daño al grano como era de esperar debido a que esta máquina presenta el sistema de alimentación por gravedad el cual no utiliza ningún mecanismo alimentador activo. El grano escurre por gravedad desde una tolva superior ubicándose dentro de la bolsa y esa energía potencial es la responsable del proceso de embutido. La merma de grano entero en las bolsas con arroces a humedad de 12 y 16% dio como promedio 0,018 y 0,026% respectivamente. Estos valores no mostraron diferencias significativas respecto al testigo.

Si bien estadísticamente no existe daño ocasionado por la embolsadora por gravedad, estas pequeñas diferencias registradas, posiblemente se deban al deslizamiento de los granos entre ellos y contra las paredes de la bolsa y de la embolsadora con la compresión dada por la propia gravedad, esperables en cualquier grano en movimiento.

Con respecto a la influencia de los diferentes tenores de humedad, los resultados fueron coincidentes con lo esperado en el comportamiento del grano de arroz, mostrando, en valores absolutos, menor rotura con arroces secos (humedad de 12 %) que con arroces más húmedos (humedad de 16%), a pesar de no registrar diferencias significativas con el testigo.

El análisis estadístico, como fue comentado, no determinó diferencias significativas entre los valores de las muestras, de grano previo ingreso a la embolsadora con los obtenidos posterior al embolsado en los distintos sitios de muestreo (parte superior, media e inferior de la bolsa) indicando que la embolsadora con sistema de alimentación por gravedad además de no causar daño al grano, (Tabla 1 y 2), tampoco causaba estratificación, por lo menos, desde el punto de vista de quebrado.

TABLA 1: Resultados promedio de grano quebrado en porcentaje por embolsadora 1 a humedad del 12%

	Testigo	Lugar de muestreo. Grano entero en %		
		Superior	Medio	Inferior
Media	50,859 a	50,841 a	50,842 a	50,839 a
Desv. Est.	1,258	1,215	1,257	1,300

Números seguidos de letras diferentes registran diferencias significativas $p > 0,05$

TABLA 2: Resultados promedio de grano quebrado en porcentaje por embolsadora 1 a humedad del 16%

	Testigo	Lugar de muestreo. Grano entero en %		
		Superior	Medio	Inferior
Media	50,938 a	50,913 a	50,910 a	50,912 a
Desv. Est.	1,582	1,589	1,591	1,590

Números seguidos de letras diferentes registran diferencias significativas $p > 0,05$

Tal como se puede calcular de la tabla 1 y 2 los porcentajes de rotura de la embolsadora por gravedad, tanto a 12%, cuánto a 16% de humedad de grano, fueron prácticamente inexistentes en ambos casos, 0,018% y 0,026% de diferencia en el grano entero respectivamente, muy inferiores a los demás valores registrados en el resto del trabajo.

Embolsadora 2:

Esta embolsadora se caracterizaba por poseer un chimango corto y horizontal, este tipo de mecanismo, basado en experiencias anteriores (Hidalgo, R. et al, 2005; Pozzolo, O. et al, 2010), es mencionado como de mejor tratamiento al grano respecto al inclinado, a pesar de no haber sido cuantificado. En el presente ensayo, los valores registrados fueron de 0,544% y 0,565% para arroces con humedades de 12 y 16% en promedio respectivamente.

Con los niveles de sensibilidad utilizados en el ensayo, no se detectaron diferencias significativas entre el testigo y el grano tratado, lo que indica que este tipo de embolsadoras tampoco produce estadísticamente daño al grano, comportándose de manera similar a las por gravedad.

Analizando estos valores, si bien son relativamente bajos en cantidades absolutas, son mucho mayores a los de la embolsadora por gravedad. También son levemente superiores en los granos más húmedos, situación similar a lo sucedido en la embolsadora anteriormente analizada.

Esta tendencia es interesante mencionarla particularmente porque los sistemas están siendo evaluados en su condición ideal, es decir, con el régimen correcto en la TdF y con los sinfines nuevos y endurecidos. Sería esperable que en condiciones modales de trabajo estos contrastes aumentaran en forma importante asociados al desgaste del sistema, a diferencia de las por gravedad al carecer de elementos móviles en el sistema de carga (Tabla 3 y 4).

TABLA 3: Resultados promedio de grano quebrado en porcentaje por embolsadora 2 a humedad del 12%

	Testigo	Lugar de muestreo. Grano entero en %		
		Superior	Medio	Inferior
Media	50,812 a	50,277 a	50,267 a	50,260 a
Desv. Est.	1,029	1,220	1,088	1,186

Números seguidos de letras diferentes registran diferencias significativas $p > 0,05$

TABLA 4: Resultados promedio de grano quebrado en porcentaje por embolsadora 2 a humedad del 16%

	Testigo	Lugar de muestreo. Grano entero en %		
		Superior	Medio	Inferior
Media	50,855 a	50,286 a	50,290 a	50,293 a
Desv. Est.	1,585	1,441	1,474	1,737

Números seguidos de letras diferentes registran diferencias significativas $p > 0,05$

De manera similar a la embolsadora por gravedad también se verifica que el proceso de embolsado, esta vez por sinfín horizontal, tampoco produce fenómenos de estratificación del grano en el interior de la bolsa.

Embolsadora 3:

Este tipo de embolsadora, equipada con sinfín alimentador más largo que la horizontal (650 mm vs 450 mm) y en posición inclinada ocasionó más daño al grano, a pesar de que ambos tenían idéntico diámetro. La tendencia de estos resultados son coincidentes con estudios realizados por Casini et al (2003) en trigo e Hidalgo et al (2006) y Pozzolo, O. (2010) en arroz. También y en forma coincidente con las embolsadoras anteriores y con la bibliografía citada, se observan menores valores en los granos más secos, 1,439% con 12% de humedad vs 1,506% con 16% de humedad (Tablas 5 y 6).

El análisis estadístico arrojó diferencias significativas entre los datos previo al ingreso a la embolsadora, y los obtenidos posterior al embolsado en los distintos sitios de muestreo (parte superior, media e inferior de la bolsa) indicando que la embolsadora con este sistema de alimentación ocasiona un significativo daño mecánico al grano de arroz en las condiciones del ensayo. De manera similar a los anteriores tampoco se observa estratificación dentro de la bolsa por grado de quebrado (Tabla 5 y 6).

TABLA 5: Resultados promedio de grano quebrado en % por embolsadora 3 a humedad del 12%

	Testigo	Lugar de muestreo. Grano entero en %		
		Superior	Medio	Inferior
Media	50,975 a	49,534 b	49,537 b	49,536 b
Desv. Est.	1,098	1,036	0,946	0,940

Números seguidos de letras diferentes registran diferencias significativas $p > 0,05$

TABLA 6: Resultados promedio de grano quebrado en % por embolsadora 3 a humedad del 16%

	Testigo	Lugar de muestreo. Grano entero en %		
		Superior	Medio	Inferior
Media	51,119 a	49,618 b	49,611 b	49,610 b
Desv. Est.	1,507	1,387	1,511	1,553

Números seguidos de letras diferentes registran diferencias significativas $p > 0,05$

Si se comparan estos valores con los encontrados por Hidalgo, et al, 2006 donde para un equipo similar pero en malas condiciones el porcentaje de quebrado fue de aproximadamente el 3,5%, indican valores de rotura importantes aún con el equipo en condiciones óptimas. Es relevante mencionar que el valor de quebrado incide en forma directa sobre el precio, lo que estaría indicando la no conveniencia del uso de este tipo de máquinas para el embolsado de arroz.

CONCLUSÕES

La presencia de sinfines en el sistema de carga de embolsadoras causan mayor daño en el grano de arroz en la medida que presenten mayor inclinación y largo.

Las embolsadoras por gravedad y las de sinfín alimentador horizontal en óptimas condiciones no causan daños significativos al grano de arroz en el proceso de embolsado siendo las más aconsejables para el manejo postcosecha de este cultivo.

Los sistemas de embolsado ya sean por sinfines o por gravedad no producen estratificación del grano por grado de quebrado dentro de la bolsa.

REFERÊNCIAS

APOSGRAN. Diálogos sobre Jornatec 2005. Revista N° 92. Rosario Argentina, 2005. p 14.

BARTOSIK, R. E. Y RODRÍGUEZ J.C. Evaluación de una técnica de almacenaje de granos a 8,4% de humedad en bolsas plásticas – Sistema silobag. Informe INTA-IPESA. 1999.

BARTOSIK, R.; CARDOSO, L.; OCHANDIO, D.; CROCE, D.. Detección temprana de procesos de descomposición de granos almacenados en bolsas de plástico herméticas mediante la medición de CO₂. Almacenamiento de Granos en Bolsas Plásticas. Resultados de Investigación. Convenio de Vinculación Tecnológica: Proyecto de Eficiencia de Cosecha, Postcosecha e Industrialización de los granos. 2007Pág. 15-21.

CASINI, C.; CLEMENTE, G.; PAGLIERO, M.; QUARTUCCI, J.. Efecto de la temperatura exterior sobre la atmósfera interior del sistema silo – bag durante el almacenamiento de granos. 2003. Disponible en <http://www.agriculturadepresición.org>

CASINI, C.. Atmósfera modificada. Cit in SOJA. Eficiencia de Cosecha y Postcosecha. Manual Técnico N°3. Ed. M. Bragachini y C. Casini. 2005P 219-229.

HIDALGO, R.; MIRÓN, M.; POZZOLO, O.; FERRARI, H.; CURRÓ, C. Análisis de diferentes aspectos relacionados con la eficiencia en la cosecha de arroz. Congreso Internacional de Ingeniería Rural. CADIR 2005. San Luís. Argentina. 2005

HIDALGO, R.; MEZA, H.; POZZOLO, O.; FERRARI, H.; CURRÓ, C.. Efecto de Tornillos de Arquímedes de Embolsadoras y Extractoras en la Calidad de Arroz. XVII Congreso Internacional de Plásticos Para la Agricultura –Comité Internacional de Plásticos en Agricultura– (CIPA) VIII Congreso Iberoamericano – Comité Iberoamericano para el Desarrollo y Aplicación de los Plásticos en Agricultura- (CIDAPA) I Congreso Argentino Comité Argentino de Plásticos para la Agricultura– (CAPP) 23 – 25 de Octubre. Buenos Aires, Argentina. 2006

HIDALGO, R.; DOMÍNGUEZ, F.; KRAMER J.. Relevamiento de la Producción de Arroz Conservado en Bolsas Plásticas. Campaña 2007-2008. Informe Técnico. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional del Nordeste. 2008

POZZOLO, O.; HIDALGO, R.; FERRARI, H.; CURRÓ, C. Conservación de Arroz en Bolsas Plásticas a Humedad Base Cámara. XVII Congreso Internacional de Plásticos Para la Agricultura –Comité Internacional de Plásticos en Agricultura– (CIPA) VIII Congreso Iberoamericano –Comité Iberoamericano para el Desarrollo y Aplicación de los Plásticos en Agricultura- (CIDAPA) I Congreso Argentino Comité Argentino de Plásticos para la Agricultura– (CAPP) 23 – 25 de Octubre. Buenos Aires, Argentina. 2006.

POZZOLO, O.; HIDALGO, R.; BOTTA, G.; CURRÓ, C.. Secado de arroz (*Oryza Sativa*). Efecto del tempering combinado con silos de bolsas plásticas. IX Congreso Latinoamericano y del Caribe de Ingeniería Agrícola - CLIA XXXIX Congresso Brasileira de Engenharia Agrícola. 2010

PRECOP. 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. INTA PE AEAI5742. 2007.

SAGPyA. In Spanish "Monthly agricultural statistics – Official estimations at October 17 of 2007". Report of the Secretary of Agriculture. Available at: www.sagpya.gov.ar. Accessed on October 2007.

RODRÍGUEZ, J.; BARTOSIK, R.; MALINARICH, H.; EXILART, J. Almacenaje de granos en bolsas plásticas, girasol. Resumen Informe Final. INTA EEA Balcarce. Bs. As. Argentina. 2002. 8 pp.