

INCIDENCIA Y CONTROL DE INSECTOS PLAGA EN SILOBOLSAS

Ing. Agr. Cardoso, L.
EEA INTA Balcarce

Los insectos plaga de los granos almacenados representan una grave problemática en la poscosecha de granos. Estos se alimentan o granos enteros de restos de los mismos, deteriorando la calidad de la mercadería almacenada, aumentos de temperatura en el granel, olores indeseables y dispersión de micotoxinas.

Si bien la problemática de insectos ha sido bastante estudiada y cuantificada en sistemas tradicionales (silo y celdas), el silobolsa, un sistema de adopción reciente en Argentina, presenta particularidades que deben ser consideradas al momento de analizar este tema.

El almacenaje en silbolsas abarca anualmente cerca del 40% de la producción anual de granos en Argentina. El uso de este sistema de almacenaje se da tanto a campo, muchas veces en el mismo lote de cosecha, así como en acopios e industrias. Sus características diferenciales, al compararla con las instalaciones tradicionales, son su gran longitud (60 a 100 metros de largo), escaso diámetro (9 a 12 pies). Además posee una alta hermeticidad potencial, ya que se trata de un tubo de polietileno tricapa el cual al finalizar el llenado de la bolsa con grano se cierran ambos extremos.

Unos de los puntos a analizar al momento de abordar esta problemática es cómo y en qué momento los insectos pueden infestar el grano. Se pueden citar 4 momentos donde esto se podría producir:

- Durante las últimas etapas del cultivo. La mayoría de las especies de insectos plaga de los granos almacenados tienen la capacidad de migrar desde instalaciones de acopio, o fuentes de refugio a cultivos en pie. Normalmente la infestación se produce durante las últimas semanas de cultivo. La magnitud de la infestación dependerá de la conjunción de varios factores, entre los que se encuentra la cercanía y número de fuentes de infestación, temperatura ambiente, tiempo de permanencia del cultivo en pie, susceptibilidad del cultivo, entre otras. En general la infestación a campo no representa una gran problemática aunque en ciertos casos puede ser de importancia.

- Durante el transporte del grano del lote al lugar de almacenaje. Aquí se hace referencia en la infestación residual en los vehículos de transporte de grano. En general su importancia es baja, más aún si se trata de almacenaje a campo, donde el transporte es mínimo.

- Infestación residual de insectos en la instalación de almacenaje. En estructuras fijas esta es una de las principales fuentes de infestación. Cuando la estructura se desocupa y no es adecuadamente saneada, pueden permanecer fuentes de refugio de insectos. En el caso del silobolsa esto no es un problema, ya que se esta no es reutilizada.

- Entrada de insectos durante el almacenaje del grano: cuando el grano es almacenado constituye un atrayente natural a los insectos de las inmediaciones. En los silos o celdas las vías de entradas son varias, principalmente por las bocas de ventilación y los ductos de aireación. En la bolsa, si está debidamente confeccionada, no presenta vías de entrada para una infestación posterior de insectos. No obstante, esto podría ocurrir ante un cierre deficiente de la misma o la presencia de roturas del plástico.

Supervivencia y reproducción de insectos en silobolsa

Los insectos plaga de granos almacenados soportan un amplio rango de humedad relativa, aunque requieren condiciones atmosféricas y de temperatura más específicas.

Temperatura del granel: En estructuras como los silos y las celdas la temperatura presenta cierta independencia de las condiciones climáticas externas. Normalmente estas estructuras siempre cuentan con la posibilidad de utilizar aire externo (aireación) para poder enfriar el grano.

En el caso de la bolsa, el uso de aire externo no es utilizado ya que por definición se trata de un sistema temporario y hermético. Dado el escaso diámetro del silobolsa, el grano puede constituirse en un aislante térmico efectivo. La Figura 1 muestra el emparentamiento de la temperatura del grano en la bolsa. Durante al menos 3 meses, la temperatura del grano fue inferior a 15°C. Esto indica que en las regiones templadas-templadas frías como el sudeste bonaerense la temperatura totalmente adverso para los insectos. Sin embargo, en regiones con climas subtropicales o durante la época cálida del almacenaje, el grano presentará temperaturas mayores a los 18°C.

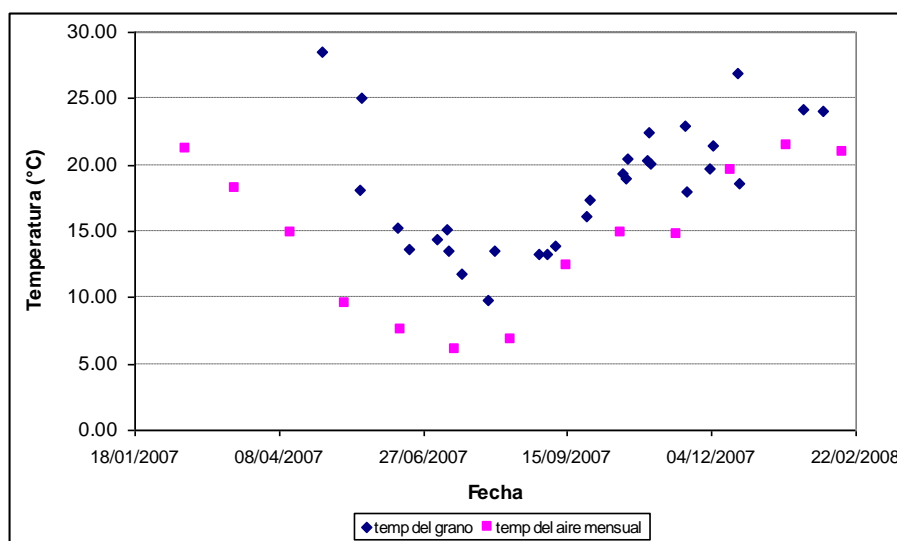


Figura 1: Temperatura media ambiente y del grano de soja almacenada en silobolsas en el sudeste bonaerense. Fuente: INTA

Atmósfera intergranaria:

La hermeticidad de la bolsa permite que, una vez almacenado el grano, por la respiración aeróbica del granel (grano, hongos, insectos) comience un proceso de modificación atmosférica. Este proceso consta de la reducción de los niveles normales de oxígeno (21% O₂) y un aumento en la concentración de los niveles normales de dióxido de carbono (0,03%).

La mayor parte de la bibliografía coincide en que para un control total de insectos se requieren valores de O₂ por debajo del 2% (muerte por falta de O₂), y valores de CO₂ superiores al 20% (muerte por envenenamiento con CO₂) durante varios días de exposición. Lograr estas condiciones en la bolsa supone una actividad respiratoria extrema (por hongos o insectos) que producirán un deterioro del grano antes de lograr esta atmósfera restrictiva. Sin embargo, existen antecedentes de muerte del insecto por desecación (por una apertura constante de espiráculos respiratorios) ante combinaciones moderadas de O₂ (ej. 10%) y CO₂ (ej. 10%) durante un lapso prolongado de tiempo. Estas concentraciones se producen normalmente en la bolsa por una actividad biológica moderada del granel. Experiencias con atmósferas de 12% de CO₂ y 5% de O₂ (maíz con 15,5% de humedad) se ha observado

mortalidad total de insectos adultos al cabo de 45 días. Durante este lapso de tiempo la calidad del grano no fue afectada.

Experiencias realizadas por la Universidad Estatal de Kansas y el INTA mostraron que con trigo a 12,5% de humedad mostraron que con la atmósfera generada dentro de la bolsa (1,5% de CO₂ y 19% O₂) se observó supervivencia y desarrollo, *Rhizopertha dominica*, aunque 14 a 19 veces menor si se compara con insectos en condiciones ideales de desarrollo.

Estas condiciones indican que las condiciones generadas dentro de la bolsa para el desarrollo de insectos pueden llegar a ser un problema para el desarrollo de los insectos. Sin embargo, cuando el grano es almacenado en épocas o regiones cálidas y en condiciones de humedad de recibo los insectos pueden sobrevivir sin problemas. Esto puede ser mas frecuente en acopios donde la mercadería ya acondicionada en estructuras fijas suele ser derivada a silobolsas para liberar espacio. Aquí se conjuga la posible presencia de insectos en el grano y baja humedad de la mercadería.

La sobrevivencia de insectos en la bolsa bajo ciertas condiciones de almacenaje se convierte en un hecho de relevancia al momento de comercializar el grano. Las normativas de comercialización de granos indican que la presencia de insectos vivo en la mercadería es motivo de rechazo. Esto implica que aunque la mercadería embolsada tenga una baja infestación de insectos y una baja actividad de los mismos, esta deba ser tratada con agroquímicos para evitar problemas en la comercialización.

Monitoreo de insectos plaga en silobolsa

La detección de insectos plaga en la bolsa puede realizarse mediante la extracción de muestras de grano con calador sonda y/o mediante la inserción de trampas de caída de insectos tipo pitfall. Este tipo de trampa consta de un tubo de malla perforada que permite la caída del insecto a un receptáculo de captura que imposibilita que el insecto salga de la trampa (Figura 2a y 2b).

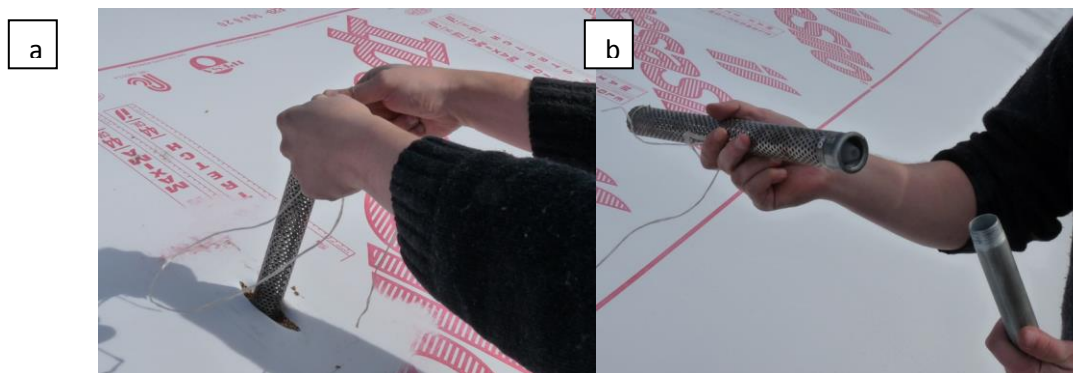


Figura 2.:Colocación en la bolsa (a) y chequeo (b) de trampa tipo Pitfall. Fuente: INTA

Uso de fumigantes para el control de insectos en silobolsas

Dada la elevada hermeticidad del silobolsa, al momento de realizar el control de insectos el uso de fumigantes puede resultar como la mejor alternativa. Fumigantes como la fosfina son relativamente económicos y tienen un alto poder de volteo aunque requieren que una concentración mínima (normalmente 200 ppm) perdure durante al menos 5 días en el

sistema. Esta cantidad de tiempo es requerida para que el fumigante, concentrado fuera del grano, pueda difundir dentro del mismo y luego causar el envenenamiento de estadios inmaduros de insectos (huevo, larva, pupa) que incluso tienen una actividad respiratoria menor a la del insecto adulto.

Cantidad de fosfina a aplicar

La dosis de fosfina a aplicar por unidad de volumen está en relación a la hermeticidad del sistema y la adsorción de fosfina de la mercadería aplicada. Existe un tercer aspecto, que es la especie de insecto a tratar y su resistencia a la fosfina que no será tratado aquí.

Hermeticidad del sistema: Una alta hermeticidad del sistema permitirá que el producto una vez gasificado tenga pocas vías de escape del mismo. Cuando menor es la hermeticidad del sistema, mayor será la fuga del producto gasificado y por lo tanto mayor será la dosis de producto a aplicar para que al finalizar el tiempo de tratamiento objetivo quede un remanente de concentración útil de fosfina. En casos donde la hermeticidad es muy baja, la dosis/m³ a aplicar excederá lo indicado por el marbete del producto, por lo que no sería recomendable aplicar fosfina en esas condiciones. En casos de subdosificar, se logrará a lo sumo un efecto en parte de la población de insectos, normalmente los adultos que son los mas expuestos al gas y por otra parte los mas activos, pero al poco tiempo los estadios inmaduros emergerán como adultos causando una reinfestación.

En la práctica normalmente la estructura deberá retener el gas por un tiempo mayor a 5 días, ya que el producto se aplica en forma de fosfuro de aluminio y dependiendo de la temperatura ambiente puede tardar desde horas (alta temperatura ambiente) hasta más de un día (baja temperatura ambiente) en alcanzar la concentración objetivo.

Conocer a priori la hermeticidad de una bolsa dada es muy difícil ya el polietileno de la bolsa es susceptible a roturas o perforaciones de diferente índole. Las roturas pueden producirse desde el embolsado mismo (e.j. por restos de malezas u otros objetos que puncturen o rompan la bolsa) y/o durante todo el almacenaje (e.j. animales). También incide en la hermeticidad el sistema de cierre en la bolsa (puede variar desde el termosellado a cierres deficientes como colocar elementos pesados sobre el cierre de la bolsa).

Existen diferentes test desarrollados para cuantificar la hermeticidad de una estructura. Desde el INTA se ha adaptado un test de caída de presión constante, citado como un test simple y fácil de realizar, para cuantificar la hermeticidad de las bolsas en un momento puntual. Como indica la Figura 3, para realizar el test de presión se requiere un elemento que aspire o genere presión negativa en la bolsa, e.j. un ventilador centrífugo pequeño, el cual se encuentra conectado a un tubo flexible de pvc, conectado en su otro extremo e un tubo rígido (e.j. polipropileno). Este tubo se inserta (el extremo insertado presenta perforaciones mas pequeñas que el grano) en la bolsa de la forma indicada en la Figura 3, y luego se sella el punto de inserción. Entre el tubo flexible y el tubo rígido se encuentra una válvula de cierre. Como elemento adicional se requiere un manómetro digital (o medidor de presión), inserto en cualquier parte de la bolsa.

Para iniciar el test de caída de presión se enciende el ventilador de modo que se encuentre aspirando con la válvula abierta y el manómetro en cero. Cuando la presión alcanza los 1200 Pa de presión negativa (normalmente se logra en pocos minutos) se cierra la válvula, se apaga el ventilador y se cronometra el tiempo que tarda en caer la presión del sistema a 600 Pa (la mitad de la presión alcanzada inicialmente). Cuanto mayor es el tiempo que tarda la caída de presión a la mitad, menor es el número de las fuentes de fuga del sistema y/o su tamaño.

En tal sentido, una bolsa puntual y recientemente confeccionada puede tener desde una muy buena hermeticidad hasta una hermeticidad totalmente deficiente. Por otra parte estudios

realizados por INTA indican que normalmente las bolsas pierden hermeticidad al transcurrir el tiempo.

Figura 3: Instrumental utilizado para realizar el test de presión. Fuente: INTA

Las recomendaciones generales del test indican que tiempos superiores a 5 minutos de caída de presión la hermeticidad del sistema es excelente, requiriendo tiempos de al menos 3 minutos para realizar una fumigación exitosa. Sin embargo, en la práctica se ha observado que tiempos de 1 minuto suponen una hermeticidad razonable y se logran fumigaciones con excelentes resultados.

Adsorción del grano: Cuando se realiza una aplicación del producto debe considerarse que una parte de la dosis quedará retenida en el grano, por un proceso que es en gran parte reversible, llamado adsorción. Como se observa en la Tabla 1 la adsorción es mayor en las oleaginosas que en los cereales. Son singularmente adsortivos los granos que poseen una cubierta fibrosa, por ejemplo el girasol o el maní. No considerar los niveles de adsorción para estos granos puede llevar a errores graves en la concentración de fosfina resultante. En forma secundaria, la adsorción de fosfina está directamente relacionada con la temperatura y la humedad del grano. Granos más húmedos y con mayor temperatura presentarán mayores niveles de adsorción.

Válvula de corte: se cierra una vez lograda la presión objetivo.

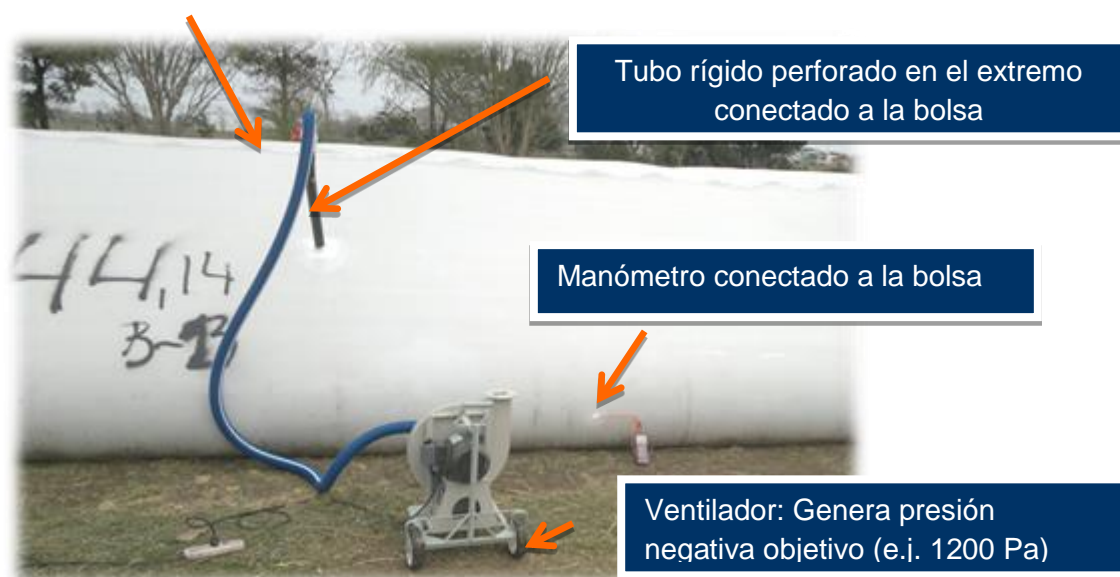


Figura 3: Instrumental utilizado para realizar el test de presión. Fuente: INTA


Grano	Humedad (%)	Adsorción (%)
Trigo	10.1	19
Maíz	10.3	24.6
Sorgo	10.6	22
Soja	7.5	32
Girasol	6	92

Tabla 1. Adsorción de fosfina para diferentes granos. Fuente Reddy et. al., 2007.

Desde INTA se ha generado una planilla de cálculo que indica la dosificación de fosfina en silobolsas considerando aspectos como la hermeticidad y la adsorción del grano.

Como se observa en la Figura 4, la planilla requiere ingresar la cantidad de grano a tratar, concentración requerida (por defecto 200 ppm), tiempo de exposición (normalmente 5 días), resultados del test de presión (si no se cuenta con esta información existen valores indicativos o por defecto) y el tipo de grano. La planilla indicará desde los gramos totales de fosfina a aplicar hasta el número de pastillas/t grano. En el citado ejemplo, se observa que para tratar aproximadamente 1 silobolsa de girasol (120 t de grano) y un tiempo de caída de presión en el test de hermeticidad de 1 minuto (hermeticidad promedio para una bolsa sin roturas y buen sistema de cierre) se requerirán 469 pastillas de fosfina o 3,9 pastillas/tonelada. Si en la planilla se modifica el tipo de grano, manteniendo las mismas condiciones de hermeticidad, concentración requerida y volumen a fumigar se observaría que son necesarios 1,16 gr de fosfina/t de trigo o soja y 1,43 gr de fosfina/t de maíz.

Esta planilla estará disponible en la web próximamente y será de acceso gratuito.



Calculador de Dosis de Fosfina

Ricardo Bartosik y Leandro Cardoso
EEA INTA Balcarce

Datos Necesarios

Cantidad de producto a fumigar	toneladas	120
Concentración mínima requerida	ppm	200
Tiempo de exposición	días	5
Test de presión	minutos	↑
Gramos de PH3 por unidad de producto		↑
Grano o producto	Girasol ▼	

Resultados

Total de fosfina	gramos	469
Fosfina por tonelada	gramos/tonelada	3,91
Pellets de producto totales	pellets	469
Pellets de producto por tonelada (1 gr f)	pellets/tonelada	3,91

Figura 4. Imagen de planilla de cálculo para dosificación de fosfina desarrollada por INTA. Fuente: INTA.

Métodos de aplicación de fosfina en el silobolsa

Normalmente existen dos métodos de aplicación, durante la confección de la bolsa y durante el almacenaje.

Durante el embolsado: Aquí se aplicarán las formulación (generalmente pastillas de fosfuro de aluminio¹) por el sector superior de la tolva en la máquina embolsadora (Figura 5). Las principales ventajas de este momento de aplicación son que permite una distribución casi continua de las pastillas (p.e. por metro o pliegue extraído de la embolsadora), además no se produce ningún tipo de rotura en la bolsa.

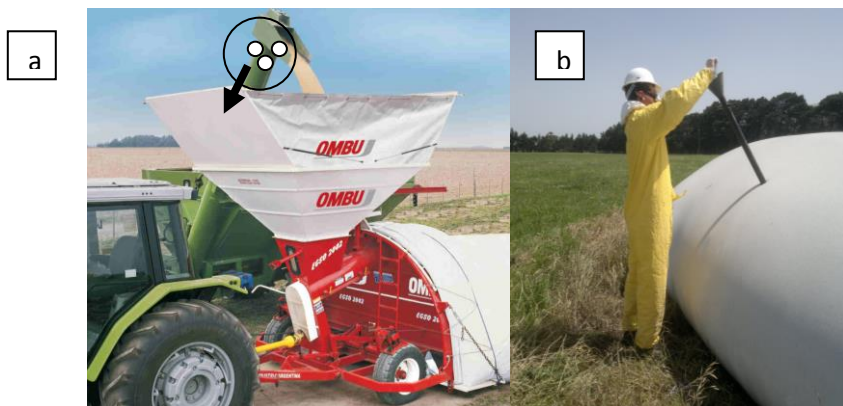


Figura 5. Aplicación de fosfina durante el embolsado (a) y durante el almacenaje (b). Fuente: INTA.

La aplicación durante el almacenaje: se realiza mediante la distribución de pastillas en puntos equidistantes de la bolsa. El distanciamiento entre puntos no debería ser mayor a 5 metros para una correcta difusión del gas. En cada punto las pastillas se aplican por medio de un tubo inserto en la bolsa en la forma que se muestra en la figura 5 (b). Es conveniente que las pastillas en lo alto de la bolsa y no se liberen agrupadas. Esta forma de aplicación presenta como ventaja respecto de la aplicación en el embolsado que puede realizarse como consecuencia de un monitoreo previo de la presencia de insectos. Dada que la bolsa presenta la máxima hermeticidad al momento de su confección, se recomienda que la aplicación en esta etapa sea lo más anticipada posible.

Una vez determinada la cantidad de puntos de aplicación en la bolsa, la cantidad de pastillas por punto de aplicación surge fácilmente:

Cantidad de pastillas por punto de aplicación= Total de pastillas/Nº Ptos. de aplicación

¹ Existen diferentes presentaciones de fosfuro de aluminio, normalmente se utilizan pastillas de 3 grs de fosfuro de aluminio c/u que liberan 1 gr de fosfina que libera 714 ppm de gas, se recomienda consultar el marbete.

La Figura 5b muestra también parte del equipamiento requerido para hacer una aplicación de forma segura. El equipamiento incluye el guantes de algodón, máscara con filtros específicos para la aplicación de fosfina, sensores de detección de concentración de fosfina entre otros. En este sentido se debe mencionar que la aplicación de fosfina en bolsas es una tarea normalmente mas segura y cómoda que en los silos y celdas ya que no implica trabajar en altura ni en ambientes confinados.

Alternativas a la fosfina

Actualmente se están llevando a cabo líneas de investigación que evalúan la aplicación de atmósferas modificadas en silobolsa, con gases como el dióxido de carbono y nitrógeno. Este tipo de tratamiento garantiza un producto libre de insectos y cero residuos de pesticida. Dada la elevada hermeticidad de la bolsa se cree que el empleo de esta tecnología puede ser muy promisorio.

Referencias bibliográficas

- Abadía, B. y Bartosik, R. 2013. Manual de buenas prácticas en poscosecha de granos. Ediciones INTA, Buenos Aires, Argentina, 194 P, ISBN:978-987-679-264-6.
- Cardoso, L., Bartosik R., Campabadal, C., de la Torre, D. 2012. Air-tightness level in hermetic plastic bags (silo-bags) for different storage conditions. Proceeding CAF2012 9th International Conference on Controlled Atmosphere and Fumigation in Stored Products, Antalya, Turquía, 15 al 19 de Octubre de 2012, 583-589, ISBN:978-605-136-076-8
- Navarro, S. 1998. Pressure test for gaseous applications in sealed storages: Theory and practice. In: Proc. 7th Int. Wkg. Conf. Stored-Product Protection (Eds. Zuxum J, Quan L, Yongsheng L, Xianchang T, Lianghua G), 14-19 October, Chengdu, Sichuan Province, pp. 385-390, V.
- Navarro, S. y Zettler, J. L. 2000. Critical Limits of sealing for a successful application of controlled atmosphere or fumigation. En Proc. Int. Conf. Controlled Atmosphere and Fumigation in Stored Products. Donahaye, E. J., Navarro, S. y Leesch J. G. (Eds.). 2001. Fresno, CA. 29 Oct -3 Nov. del 2000. Executive Printing Services, Clovis, CA, U.S.A □ pp. 507-520
- Reddy, P. V., Rajashekar, Y., Begum, K., Leelaja, B. C., Rajendran, S. 2007. The relation between phosphine sorption and terminal gas concentrations in successful fumigation of food commodities. *Pest Manag Sci.* 63(1):96-103.
- Santa Juliana, M., Cassini, C. 2009. Estudio de la variabilidad de la concentración de dióxido de carbono y oxígeno en granos de maíz almacenados en bolsas plásticas En: Actas del X Congreso Argentino de Ingeniería Rural y II del MERCOSUR. Di Leo, N., Montico, S. Nardon, G. (Eds.). Rosario, Argentina, Pp. 2289-2299.
- Subramanyam, B., Channaiah, L. H., Campabadal, C., Lawrence, J., Cardoso, L., Maier, D. E. 2012. Proceeding CAF 2012 9th International Conference on Controlled Atmosphere and Fumigation in Stored Products, Antalya, Turquía, 15 al 19 de Octubre de 2012, 535-541, ISBN:978-605-136-076-8.*