

## Efecto del Almacenamiento Hermético en la Conservación de Sorgo Infestado con Gorgojo *Sitophilus Dryzae* L.

**Néstor Enrique Cerquera Peña**, Ing. Agrícola, Esp. Ciencia y Tecnología de Alimentos, Docente, USCO.  
**Jairo Josué Acevedo Gámez**, Ing. Agrícola, Esp. Ciencia y Tecnología de Alimentos, Docente, USCO.

### Resumen

Crear una atmósfera confinada para el almacenamiento de sorgo a pequeña escala, resultó en una reducción de la infestación inicial de gorgojos presentes en el producto en los primeros días de almacenamiento, lográndose una eliminación total después de treinta días bajo las condiciones estudiadas, debido principalmente al efecto del metabolismo propio de los insectos y a la respiración del grano almacenado reduciendo la concentración de oxígeno e incrementando la de dióxido de carbono; mientras que en condiciones no herméticas la población se ve incrementada en forma significativa, con el consiguiente consumo y daño del producto almacenado.

El almacenamiento hermético de granos a pequeña escala se puede emplear como una alternativa viable para los campesinos, en la conservación de grano para el autoconsumo, semilla o para lograr mejores precios en el mercado.

**Palabras claves:** almacenamiento hermético, almacenamiento de granos, sorgo.

### Abstract

To create a confined atmosphere for the storage of sorghum on small scale, resulted in a reduction of the initial infestation of present weevils in the product in the first days of storage, being obtained a total elimination after thirty days under the studied conditions, this is due to, mainly, the effect of the own metabolism of the insects and to the breathing of the stored grain reducing the oxygen concentration and increasing the concentration of carbon dioxide; whereas in non-hermetic conditions the population is itself increased in significant form, with the consequent consumption and damage of the stored product.

The hermetic grain storage on small scale can be used like a viable alternative for the farmers, in the grain conservation for the self-consumption, as seeds or to obtain better prices in the market.

**Key Words:** hermetic storage, grain storage, sorghum.



## Introducción

Una etapa clave en el proceso de poscosecha de granos está representada por el almacenamiento, por cuanto con él se pretende lograr las condiciones ambientales adecuadas en procura de conservar el producto en términos de calidad y además en su conservación física, en la medida que al ser un alimento para el ser humano también lo es para microorganismos, insectos, pájaros, ratones, y otros. Cuando se diseña un almacén de granos este debe cumplir con condiciones que eviten el ataque de este tipo de plagas y además garantizar el máximo de hermeticidad para proveer un ambiente controlado al grano almacenado; sin embargo esto no es llevado a cabo en nuestro país, en la generalidad de los recintos mal llamados 'bodegas de almacenamiento'.

Existen experiencias de "almacenamiento hermético" en países de Europa y Sudamérica, basados en recintos en los que se garantiza el estancamiento del ambiente sin permitir el intercambio gaseoso entre el almacén y el ambiente que lo rodea, lo que genera, con ayuda del grano mismo y de otros organismos vivos presentes en el grano al momento de almacenar, una atmósfera nociva para el desarrollo de microorganismos e insectos, dos de las plagas que más afectan al grano; la estructura del almacén debe garantizar una barrera para las plagas más grandes como pájaros y roedores.

La fase experimental analizada en el presente artículo planteó como objetivo general "La evaluación del efecto del almacenamiento hermético en la conservación de sorgo infestado con *Sitophilus oryzae*" y como objetivos específicos:

- Evaluar el efecto del ambiente hermético en la reducción de la reproducción de insectos *Sitophilus oryzae* L. en granos de sorgo, y
- Determinar y medir los efectos causados por la infestación en la calidad del grano (humedad, pérdida de peso y pérdida de materia seca).

## Justificación

Al nivel rural el almacenamiento de granos para semilla y consumo presenta problemas debido a los

altos costos de la aplicación de tecnologías de última generación, la utilización del almacenamiento hermético se convierte en una alternativa viable y económica que permite al pequeño productor almacenar pequeñas cantidades de grano reduciendo riesgos de deterioro y pérdida por ataque de hongos e insectos.

## Evidencia Histórica

La evidencia histórica sobre el uso del almacenamiento hermético, inicialmente conocido como almacenamiento "bajo tierra", ha permitido catalogarlo como uno de los principales métodos utilizados por la humanidad para la preservación de granos por tiempos prolongados. Arqueológicamente se tienen indicios de silos bajo tierra de la época del preneolítico (9000 – 7000 a.C.) en el medio Oeste y del neolítico (4500 a.C.) en Europa, pero su adopción en forma significativa se da en la edad de hierro (3500 a.C. – 476 d C) en la que surge el silo clásico "bajo tierra" con más de dos metros de profundidad en forma de botella y capacidad de una a tres toneladas (Sigaut, 1980).

La primera referencia escrita sobre almacenamiento hermético fue hecha en 1708 por Reneaume, y los primeros experimentos formales se iniciaron en Francia hacia 1819, época en la que la palabra "silo" se empieza a utilizar en la literatura de conservación.

Este método de almacenamiento ha sido profusamente utilizado en el antiguo continente, teniendo épocas en las cuales se generalizó su uso y también el decaimiento del mismo en el siglo XVIII, dando paso a otros sistemas de almacenamiento tipo silo superficial y almacenes abiertos (bodegas), en los que el control de plagas es más difícil y costoso. El hecho de que este tipo de almacenamiento haya perdido su relevancia no ha podido ser explicado de una manera satisfactoria.

## Principio de conservación del almacenamiento Hermético

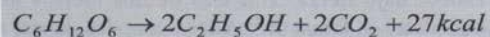
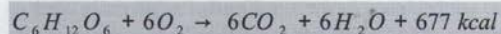
Según Donayahe (2000), la bio-acumulación de dióxido de carbono y la reducción de oxígeno en el espacio intergranular a través de la respiración de

Efecto del almacenamiento hermético en la conservación de sorgo infestado con gorgojo *Sitophilus Oryzae* L.

insectos y microorganismos es conocido como almacenamiento hermético.

Bajo esta definición se expresa el mecanismo a través del cual se logra eliminar o por lo menos reducir la infestación de granos almacenados por la vía del autoconsumo del oxígeno y la consiguiente producción de dióxido de carbono a través de la respiración, incluyendo la generada por el propio grano. Este principio permite lograr la conservación de granos y la reducción de infestación de una manera económica, sencilla, efectiva y amigable con el ambiente, pues evita el uso de agentes químicos para el control de insectos.

La respiración aeróbica y anaeróbica consume oxígeno y genera  $CO_2$  y energía, siendo mucho mayor en condiciones aerobias, como se muestra continuación para el caso de la hexosa:



El oxígeno que se requiere para la reacción anaeróbica se obtiene del aire, la oxidación libera agua, dióxido de carbono y energía. En la reacción anaeróbica, llamada fermentación, se produce menos  $CO_2$  y mucha menos energía que en la reacción aeróbica.

Entre 1955 y 1965 (Bailey) demostró que la reducción de los niveles de oxígeno generaban la muerte de insectos y que el incremento de  $CO_2$  tenía un efecto similar (Fig. 1 y 2). El sinergismo de la reducción del oxígeno y el incremento del dióxido de carbono ha sido estudiado por Navarro y otros, demostrando en forma experimental la fuerte interacción que el manejo de estos dos gases tiene en el control de insectos adultos (Fig. 3).

Además, debido a que la respiración es función de la temperatura, Navarro (1980) ha mostrado que efectivamente, al aumentar la temperatura la velocidad de muerte de insectos adultos es mayor que para bajas temperaturas.

El otro parámetro ambiental estudiado por Navarro ha sido la humedad relativa, encontrando que las bajas humedades relativas influyen incrementando la tasa de mortalidad de los insectos, debido al déficit de disponibilidad de agua.

Si bien es cierto que muchos de estos trabajos también apuntan hacia la implementación de tecnologías de atmósferas modificadas y controladas (mecanizadas), también permiten fortalecer las bases científicas sobre el efecto que el almacenamiento hermético logrado por la vía metabólica tiene sobre los insectos que infestan el grano almacenado.

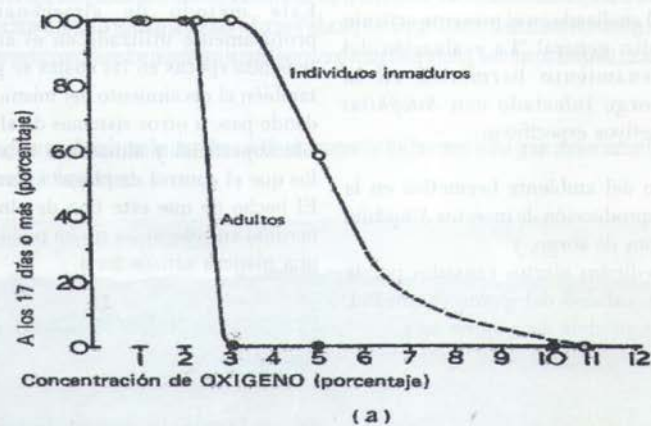


Figura 1. Mortalidad de insectos adultos e inmaduros de la especie *Sitophilus granarius*, en una atmósfera de oxígeno sin anhídrido carbónico (tomado de Bailey, 1955).

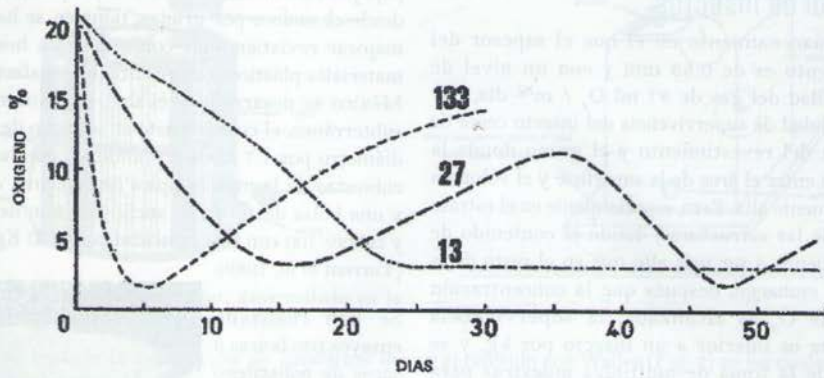


Figura 2. Agotamiento del oxígeno y producción de anhídrido carbónico en recipientes herméticos llenos de trigo infestado con adultos de la especie *Sitophilus granarius*, con las densidades indicadas (13 y 133 por kg) (Tomado de Bailey, 1963).

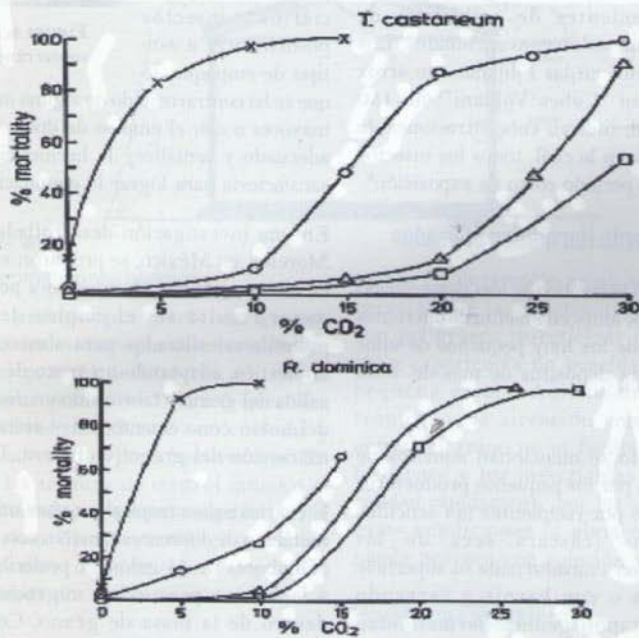


Figura 3. Mortalidad de *T. castaneum* y *R. dominica* adultos, expuestos por 96 horas a diferentes mezclas de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> con 57% de humedad relativa y 26 °C (Los niveles de O<sub>2</sub> fueron: 2% - X, 4% - O, 6% - " y 8% - q) (Tomado de Navarro, 1980).

Efecto del almacenamiento hermético en la conservación de sorgo infestado con gorgojo *Sitophilus Oryzae* L.

## El control de Insectos

En un almacenamiento en el que el espesor del revestimiento es de 0.83 mm y con un nivel de permeabilidad del gas de 87 ml O<sub>2</sub> / m<sup>2</sup>/ día, hay una posibilidad de supervivencia del insecto cerca de la interfaz del revestimiento y el grano donde la proporción entre el área de la superficie y el volumen es relativamente alta. Esto, especialmente en el estrato superior de las estructuras, donde el contenido de humedad tiende a ser más alto que en el resto de la masa. Sin embargo, después que la concentración mínima de O<sub>2</sub> es alcanzada, la supervivencia usualmente es inferior a un insecto por kg, y se requiere de la toma de múltiples muestras para detectar un solo insecto (Navarro, 1984; 1993). La infestación residual es un problema al regresar a las condiciones aeróbicas y el producto debería ser consumido sin ser sometido a almacenamiento prolongado adicional. Esta infestación residual es menos seria que el peligro de re-infestación por insectos en productos provenientes de ambientes de almacenamiento por métodos convencionales. Los recientes descubrimientos en las Filipinas con arroz molido almacenado en "Cubes Volcani"<sup>1</sup> de 150 toneladas de capacidad, indican concentraciones de oxígeno menores a 1%, en la cuál, todos los insectos perecen después de un período corto de exposición<sup>2</sup>.

## Tipos de almacenamiento Hermético utilizados

Para el almacenamiento hermético se han desarrollado y ensayado recipientes de almacenamiento de diferentes tamaños y formas, desde los muy pequeños de unos pocos kilogramos hasta depósitos de más de 1000 toneladas.

En el presente artículo se mencionan aquellos de capacidades utilizables por los pequeños productores a nivel rural, iniciando por recipientes tan sencillos como las calabazas (cáscara seca de las cucurbitáceas), que al ser emadurnada su superficie con aceite de linaza o con barniz y cerrando cuidadosamente su tapón genera hermeticidad aunque no absoluta (McFarlane, 1970). Otras formas de almacenamiento como las fosas subterráneas, no siempre herméticas, revestidas con

paja para absorber la humedad que pueda infiltrarse desde el suelo o por grietas, también se han podido mejorar revistiéndolas con alquitrán, hormigón o materiales plásticos con resultados satisfactorios. En México se desarrolló y evaluó el granero familiar subterráneo, el cual consiste en un pozo de 87 cm de diámetro por 1.7 m de profundidad, con las paredes cubiertas de la mezcla típica de cemento, cal, arena y una bolsa de 1.5 m de ancho por 3 m de longitud y calibre 700 con una capacidad para 500 Kg. de maíz (Turrent et al, 1989).

Se han realizado ensayos con bolsas o sacos de polietileno de diferentes calibres presentándose inconvenientes en algunas pruebas debido a las perforaciones que ciertos insectos pueden hacer a este tipo de empaque, lo que se ha contrarrestado de alguna manera con calibres mayores o con el empleo de doble bolsa, el cierre es adecuado y sencillo y la hermeticidad alcanzada es satisfactoria para lograr la eliminación de insectos.



Figura 4. Almacén hermético subterráneo, Foto FAO, 1959.

En una investigación desarrollada en el estado de Morelos, en México, se probaron varias alternativas de almacenamiento hermético a pequeña escala y la mejor resultó ser el empleo de los bidones de polietileno utilizados para almacenar agua a nivel doméstico, adaptando un trozo de poliducto para la salida del grano y fabricando un declive en el interior del bidón con cemento, cal y arena para facilitar la extracción del grano (Gutiérrez, L., 1994)

En varios países tropicales se han utilizado recipientes metálicos de diferentes tamaños con buenos resultados (Tambores de 55 galones), preferiblemente ubicados a la sombra para evitar migraciones de humedad dentro de la masa de grano. Con base en estos tambores en Bhatnagar (1969) se diseñó un barril de acero de una y media toneladas de capacidad para el almacenamiento hermético de cereales (Fig. 5).

<sup>1</sup> Volcani Cubes es una marca registrada, sistema de almacenamiento de granos en bolsas.

<sup>2</sup> En <http://www.agri.gov.il/Envir/cubes/cubes.html>.

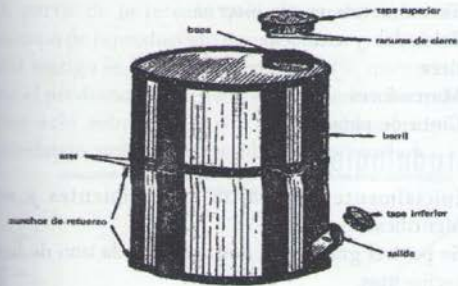


Figura 5. Recipiente de Bhatnagar, desarrollado en la Universidad Agronómica de Punjab (1969).

También se reporta la fabricación de depósitos de una a cuatro toneladas de capacidad como los construidos en la India por Pradhan (1969) (Fig. 6)

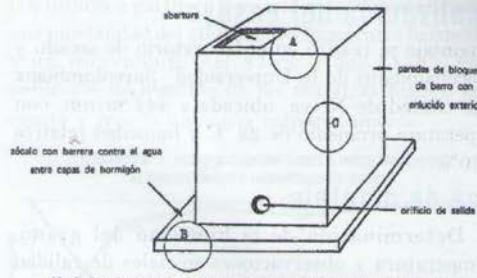


Figura 6. Recipiente de Pusa.

y el referido por Waller (Fig. 7) en los cuales se utiliza para su construcción, materiales como el barro, ladrillos, láminas de polietileno y hormigón.

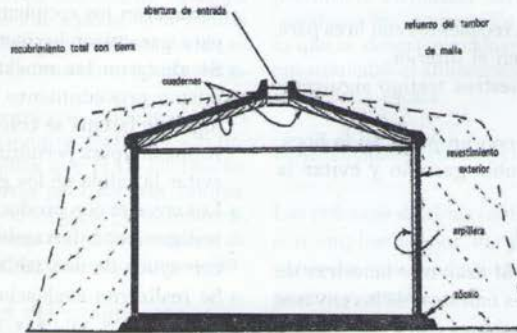


Figura 7. Recipiente Waller.

### Ventajas del almacenamiento hermético

Actualmente la presión por parte de grupos ambientalistas hace necesario replantear los métodos utilizados para el control de insectos, el uso de técnicas modernas aceptadas como la refrigeración, aireación y atmósferas modificadas son costosas y requieren de una adecuación de infraestructura. En comparación con las técnicas de control químico el almacenamiento hermético es más amigable con el ambiente ya que no involucra riesgo para los operarios, por lo cual se convierte en una alternativa ampliamente aceptada por los consumidores.

El almacenamiento hermético da respuesta a la necesidad de un método menos costoso para el almacenamiento de granos en las poblaciones rurales, adicionalmente ofrece protección al agricultor de fluctuaciones en los precios del grano. La ventaja básica de almacenamiento hermético en

países en desarrollo es su sencillez, obviando la necesidad de la implementación de procedimientos con peligrosos insecticidas que requieren de una gran experiencia no poseída por el agricultor en pequeña escala. Adicionalmente en los climas tropicales, la aireación con aire ambiente para enfriar el grano no es factible, la re-infestación es frecuente y los insecticidas de contacto pierden calidad rápidamente por las altas temperaturas. En estas condiciones el almacenamiento hermético puede proveer una solución ventajosa.

### Prueba de Laboratorio

Se llevó a cabo una prueba experimental de almacenamiento hermético a nivel de laboratorio con el procedimiento y resultados que se describen a continuación, con el fin de corroborar los efectos de la hermeticidad en la eliminación de la infestación de *sitophilus oryzae* en sorgo almacenado.

Efecto del almacenamiento hermético en la conservación de sorgo infestado con gorgojo *Sitophilus Oryzae* L.

## Localización del ensayo

El montaje se realizó en el laboratorio de secado y almacenamiento de la Universidad Surcolombiana de la ciudad de Neiva, ubicada a 442 msnm, con temperatura promedio de 28 °C y humedad relativa de 70%.

## Fase de montaje

1. Determinación de la humedad del grano, temperatura y observaciones iniciales de calidad del grano.
2. Pesaje inicial de los recipientes e identificación en forma aleatoria.
3. Pesaje del grano, dosificación y llenado de los recipientes.
4. Dosificación de los gorgojos en cada uno de los recipientes.
5. Tapado y sellado de los recipientes con brea para garantizar hermeticidad en el interior.
6. Preparación de las muestras testigo siguiendo los pasos 1 al 4.
7. Tapado del recipiente con un paño, en la boca, para permitir el intercambio gaseoso y evitar la salida de los gorgojos.

## Fase de evaluación

Cada quince días tomando al azar tres muestras de los envases herméticos y tres muestras de los envases testigo se realizaron evaluaciones de:

- Temperatura de la masa de grano
- Humedad
- Número de insectos vivos y muertos
- Porcentaje de impurezas
- Peso
- Apariencia externa de los grano

## Materiales y equipos

Producto a utilizar:

- Sorgo libre de infestación.
- Gorgojos vivos: *Sitophilus oryzae* L.
- Balanza de precisión marca Ohaus.
- Botellas de vidrio con su respectiva tapa
- Estufa para determinación de humedad marca Memmert
- Desecador de vidrio
- Recipientes de aluminio

- Termómetros escala interna
- Zarandas y tamices
- Brea
- Marcadores
- Cinta de papel

## Metodología

- Inicialmente se pesaron los recipientes y se identificaron.
- Se pesó el grano y se dosificó en cada uno de los recipientes.
- Se tomó una muestra del grano para la determinación de la humedad inicial y observaciones iniciales de calidad.
- Se dosificaron los gorgojos en cada uno de los recipientes a razón de 50 gorgojos / Kg. de maíz sorgo.
- Se taparon los recipientes y se sellaron con brea para garantizar hermeticidad en el interior.
- Se alistaron las muestras testigo siguiendo el mismo procedimiento anterior excepto que en lugar de la tapa se coloca un paño en la boca del recipiente para permitir el intercambio gaseoso y evitar la salida de los gorgojos.
- Los envases con producto, tanto herméticos como testigos (con intercambio gaseoso) son numerados con ayuda de una tabla de números aleatorios.
- Se realizaron evaluaciones de humedad, número de insectos vivos y muertos, porcentaje de impurezas, peso y apariencia externa de los granos, cada quince días tomando al azar tres muestras de los envases herméticos y uno de los envases testigo.

## Resultados y Discusión

Las siguientes son las características iniciales del grano para la prueba.

Los resultados de la observación se muestran en las tablas 1 y 2 y en los gráficos 1 y 2.

Como se puede observar en los gráficos 1 y 2, que representan el número de gorgojos vivos en función del tiempo, a partir de la primera quincena el producto almacenado herméticamente está prácticamente libre de gorgojos vivos (infestación), mientras que en el testigo se observa una supervivencia cercana a la inicial.

\*En <http://www.monografias.com/trabajos15/insecto/insectos.html#ARROZ>.

A partir de la tercera quincena se ha superado el tiempo de reproducción de este insecto y la población del testigo se incrementa en un 193%, mientras que en el producto almacenado en recipientes herméticos tan solo sobrevive el 7% de la población inicial, quedando prácticamente libre de infestación.



A estos datos se les aplicó el análisis de varianza (ANAVA factorial) y el análisis de separación de medias con ayuda del programa SAS, para analizar donde se encuentran diferencias estadísticamente significativas.

En los resultados se encuentra que todos los valores de p-value ( $Pr > F$ ) son siempre menores a 0.05, incluso a 0.01 lo que significa que HAY diferencias estadísticamente significativas para los tres valores: total de gorgojos, gorgojos vivos y gorgojos muertos, tanto en el tiempo (días) como con el intercambio de oxígeno (oxígeno) y su correspondiente interacción.

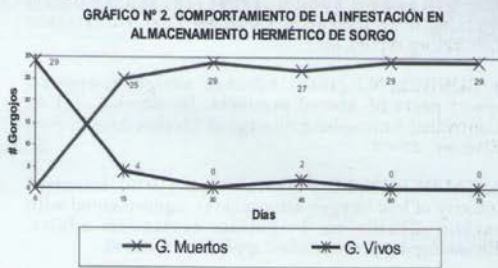
En cuanto a la humedad del grano, esta se ve incrementada en ambas condiciones de almacenamiento, pero este incremento es mayor bajo condiciones no herméticas.

En las muestras almacenadas herméticamente la pérdida de peso no supera el 1.5%, mientras que en el testigo, debido al consumo de materia seca por parte de la población de gorgojos, la pérdida de peso llegó al 14.7%.

El incremento de la temperatura fue muy similar en ambos casos, y la producción de harina y el crecimiento de hongos, determinadas mediante observaciones visuales, fueron mayores para las muestras testigo, lo que indica una mayor pérdida de calidad para este producto almacenado.

Bajo las condiciones del ensayo se obtuvo una buena respuesta en cuanto a la eliminación de la infestación del sorgo por *Sitophilus orizae*, bajo condiciones de hermeticidad, lo que corrobora lo encontrado en muchos otros experimentos en otros países, y que

por último, a partir de la cuarta quincena se encuentra una mortalidad del 100% en los recipientes herméticos y un incremento del 814% y del 1459% en la población de insectos de las muestras testigo en la cuarta y quinta quincena respectivamente.



permitiría visualizar este tipo de almacenamiento como una opción para los pequeños productores, por lo que se deberían evaluar otros tipos de alternativas encaminadas al almacenamiento hermético a pequeña y mediana escala.

#### EL ALMACENAMIENTO HERMÉTICO. ¿POR QUÉ UNA OPCIÓN?

Las prácticas de almacenamiento que tradicionalmente son empleadas por los pequeños productores son generalmente inadecuadas para la conservación de granos y semilla.

El ataque de insectos y hongos es muy favorecido por las condiciones ambientales que prevalecen en los países tropicales. Las técnicas de almacenamiento que se utilizan normalmente para el manejo a gran escala de los granos son costosas e involucran el manejo de temperaturas e insecticidas, lo que pone este método fuera del alcance de los pequeños, unido al alto riesgo que implica el manejo de sustancias pesticidas que generan un claro problema de seguridad y de salud a quienes manipulan este tipo de sustancias.

Esto permite visualizar el positivo efecto que tendría el estudiar e implementar técnicas de almacenamiento a nivel rural que sean seguras, libres de pesticidas y económicamente viables para el pequeño productor, características que se pueden encontrar en un método antiquísimo de almacenamiento, pero de alguna manera ignorado por los investigadores del campo, el almacenamiento hermético.

<sup>3</sup> En <http://www.ento.psu.edu>.



## Referencias Bibliográficas

1. BAILEY, S.W. (1965). Air-tight storage of grain; its effect on insect pests - IV *Rhyzopertha dominica* (F.) and some other Coleoptera that infest stored grain. *Journal of Stored Products Research* 1, 25-33.
2. BURREL, N.J. (1968). Miscellaneous experiments on grain storage under plastic sheeting. V. The control of insects in infested wheat in a glass-fibre and plastic bin. Agricultural Research Council, Pest Infestation Laboratory report, 8p.
3. BURREL, N.J. (1980). Effect of airtight storage on insect pests of stored products. In: Shejbal, J. Ed., *Controlled Atmosphere Storage of Grains*, Amsterdam, Elsevier, 55-62.
4. CALDERON, M., y NAVARRO, S. (1979). Increased toxicity of low oxygen atmospheres supplemented with carbon dioxide on *Tribolium castaneum* adults. *Entomologia experimentalis et applicata*, 25, 39-44.
5. CALDERON, M., Y NAVARRO, S. (1980). Synergistic effect of CO<sub>2</sub> and O<sub>2</sub> mixtures on two stored grain insect pests. In: Shejbal, J. ed., *Controlled Atmosphere Storage of Grains*, Amsterdam Elsevier, 79-84.
6. DE LIMA, C.P.F. (1990). Airtight storage: Principle and Practice. In: Calderon, M. and Barkai-Golan, Rivka Ed., *Food preservation by modified atmospheres*, Chapter 2, CRC Press Inc., Boca Raton, Florida. 9-19.
7. DELMENICO, R.J. (1993). Controlled atmosphere and fumigation in Western Australia - a decade of progress. In: Navarro, S. and Donahaye, E. ed., *Proceedings International Conference on Controlled Atmosphere and Fumigation in Grain Storages*, Winnipeg, Canada, June 1992, Caspit Press Ltd., Jerusalem, 9-12.
8. DONAHAYE, E.J., Navarro, S. and Lees CH J.G. (2001). Airtight granary for use by subsistence farmers. In: *Controlled Atmosphere and Fumigation in Stored Products*, Fresno, Executive Printing Services, Clovis, CA, U.S.A. 37-43
9. DONAHAYE, E.J., Navarro S. and Lees CH J.G. (2001). Respiration of stored product pests in hermetic conditions In: *Controlled Atmosphere and Fumigation in Stored Products*, Fresno, Executive Printing Services, Clovis, CA, U.S.A. 26-35
10. GIRISH, G. (1980). Studies on the preservation of foodgrains under natural airtight storage. In: Shejbal, J. ed., *Controlled Atmosphere Storage of Grains*, Amsterdam Elsevier, 15-23.
11. GUTIERREZ, L. et al (1994). "Control Integrado de las Plagas del Maíz Almacenado en Comunidades Rurales de la República Mexicana", Informe técnico del Programa de Postcosecha del Campo Experimental de Zacatepec SARH-INIFAP. p. 48-65.
12. HYDE, Mary B., and Daubney C.G. (1960). A study of grain storage fossae in Malta. *Tropical Science*, 2, 115-129.
13. HYDE, Mary B., Baker, A.A., Ross, A.C., and López, C.O. (1973). Airtight grain storage, *FAO Agricultural Services Bulletin* 17, 71p.
14. MCFARLENY, J.A. (1970). Insect control by airtight storage in small containers. *Tropical Stored Products Information*, 19, 10-14.
15. NAVARRO, S., Calderon, M., (1980). Integrated approach to the use of controlled atmospheres for insect control in grain storage. In: Shejbal, J. ed., *Controlled Atmosphere Storage of Grains*, Amsterdam Elsevier, 73-78.
16. NAVARRO, S., Donahaye, E., Kaschanchi, Y., Pisarev, V. and Bulbul, O. (1984). Airtight storage of wheat in a PVC covered bunker. *Proc. Int. Symp. Pract. Aspect. Cont. Atm. Fum. Grain Storages Perth Western Australia*. Published in *Controlled Atmosphere and Fumigation in Grain Storages*, Elsevier, Amsterdam. 601-614.
17. NAVARRO, S., Varnava, A., y Donahaye, E. (1993). Preservation of grain in hermetically sealed plastic liners with particular reference to storage of barley in Cyprus. In: Navarro, S. and Donahaye, E. ed., *Proceedings International Conference on Controlled Atmosphere and Fumigation in Grain Storages*, Winnipeg, Canada, June 1992, Jerusalem, Caspit Press Ltd., 223-234.
18. OXLEY, T.A., and Wickenden, G. (1963). The effect of restricted air supply on some insects which infest grain. *Annals of Applied Biology*, 51, 313-324.
19. PATTINSON, I. (1970). Grain storage at village level. *FFHC Action Programme Report TAN/11*, FFHC/FAO, Rome.
20. SABIO, G. C. et al. Control of storage pests in the tropics using sealed storage. Department of Stored Products. Agricultural Research Organization. The Volcani Center, Israel.
21. SAKHO, C.Y. (1971). Rapport sur l'opération "Canagrenier" de conservation des grains par fûts hermetiques. Institut de technologie alimentaire, Dakar, Senegal.
22. SIGAUT, F. (1980). Significance of underground storage in traditional systems of grain production. In: Shejbal, J. ed., *Controlled Atmosphere Storage of Grains*, Amsterdam Elsevier, 3-13.
23. TURRENT A. Et al. (1989). "Conservación del Maíz Costeño en el Granero Subterráneo, 'E.J.J.T', Durante 200 Días Bajo la Modalidad, Extracción única sin Insecticida", II Reunión de Avances de la Investigación del INIFAP-SARH, 34 pp.
24. WANG NANYAN, Zhang Quo-Qiang, Zhang Yan-yan, y Xu Hunai. (1993). The combined action of low-temperature, low-oxygen and low-phosphine concentrations in the "Triple-Low" grain storage technique. In: Navarro, S. and Donahaye, E. ed., *Proceedings International Conference on Controlled Atmosphere and Fumigation in Grain Storages*, Winnipeg, Canada, June 1992, Jerusalem, Caspit Press Ltd., 271-280.
25. XU HUINAI y Wang Nanyan (1993). Present and prospective state of the "Triple-Low" grain storage technique. In: Navarro, S. and Donahaye, E. ed., *Proceedings International Conference on Controlled Atmosphere and Fumigation in Grain Storages*, Winnipeg, Canada, June 1992, Jerusalem, Caspit Press Ltd., 29-37.