

# silos metálicos pequeños para almacenamiento de granos en las fincas<sup>1</sup>

MARIO MORALES\* MIGUEL A. MORA\*\*

## RESUMEN

*Se estudian los efectos de la humedad y la temperatura sobre el maíz almacenado en dos formas diferentes: en silos metálicos herméticos y en barriles metálicos abiertos.*

*Se concluye que a mayor tiempo de almacenamiento, mayor es el riesgo de daños en la maíz por hongos e insectos.*

## INTRODUCCION

El almacenamiento de granos en la finca es de gran importancia para el pequeño agricultor que necesita guardar semilla y alimento para su familia y animales domésticos o que quiere mejorar sus ingresos con la venta más oportuna de su cosecha.

El pequeño productor necesita una forma de almacenamiento que esté dentro de sus posibilidades económicas y que proteja su grano contra los insectos, hongos y otros organismos que lo consumen, dañan o contaminan.

Los insectos y hongos que crecen en los granos almacenados y que son los principales causantes del deterioro de los mismos, obtienen el agua necesaria para sus funciones vitales del mismo grano con que se alimentan (4, 6). El crecimiento de las poblaciones de insectos es lento cuando la humedad oscila entre 9<sup>o</sup>/o y 12<sup>o</sup>/o pero va haciéndose mayor al aumentar la humedad hasta 15<sup>o</sup>/o. A humedades superiores a 15<sup>o</sup>/o el desarrollo de los insectos se ve limitado por el gran desarrollo de microorganismos (5).

Con respecto a la temperatura, los mayores daños por insectos y hongos se producen entre 18<sup>o</sup>C y 35<sup>o</sup>C que son las temperaturas prevalecientes en las zonas tropicales (2, 4).

De acuerdo con lo expuesto, el agricultor, dentro de sus posibilidades, debe almacenar el grano en condiciones de baja humedad y a la menor temperatura posible así como protegerlo de la llegada de insectos, pájaros, roedores, etc. Buscando la protección del grano, los agricultores de diversas partes del mundo han utilizado varias formas de almacenamiento como zanjas subterráneas, vasijas de arcilla, calabazas y recipientes de plástico y metal (barriles metálicos y pequeños silos herméticos) (6, 8, 11, 14, 15). Cuando se usan recipientes herméticos se va consumiendo el oxígeno por la respiración del grano y de los microorganismos presentes, hasta que baja a niveles que no permiten la vida de insectos ni de microorganismos dentro del grano (9, 12). Otra ventaja de los recipientes herméticos es que son muy convenientes para combatir infestaciones del grano mediante fumigaciones.

Entre los recipientes herméticos usados por los pequeños agricultores, los barriles metálicos son eficientes, de fácil manejo y generalmente de bajo costo, pero no siempre están disponibles en el lugar y momento que se necesitan. En este ensayo se probó un tipo de silo usado en otros países, hecho con láminas de hierro galvanizado que son fáciles de conseguir (14, 15).

## MATERIALES Y METODOS

Se almacenó por duplicado maíz blanco (*Zea mays L.*) con 12<sup>o</sup>/o y 15<sup>o</sup>/o de humedad inicial, en silos metálicos herméticos y en barriles metálicos abiertos de 200 litros, que es la forma tradicional usada por algunos agricultores.

1) Parte de la tesis de grado del primer autor presentada a la Escuela de Fitotecnia de la Universidad de Costa Rica.

\* Compañía Bananera, Coto, Costa Rica.

\*\* Centro para Investigaciones en Granos y Semillas, Universidad de Costa Rica.

Los silos fueron construidos con láminas lisas de hierro galvanizado número 26. La altura de los silos era de 1,01 m y el diámetro de 0,76 m, lo que daba una capacidad de almacenamiento de cerca de 300 kg de maíz. Cada silo tenía una abertura superior para llenarlo de grano y otra inferior para sacar éste (Figura No. 1). A los barriles metálicos también se les hizo una abertura en la parte inferior para simular la forma de muestreo usado en los silos y la parte superior se cubrió con un saco de yute.

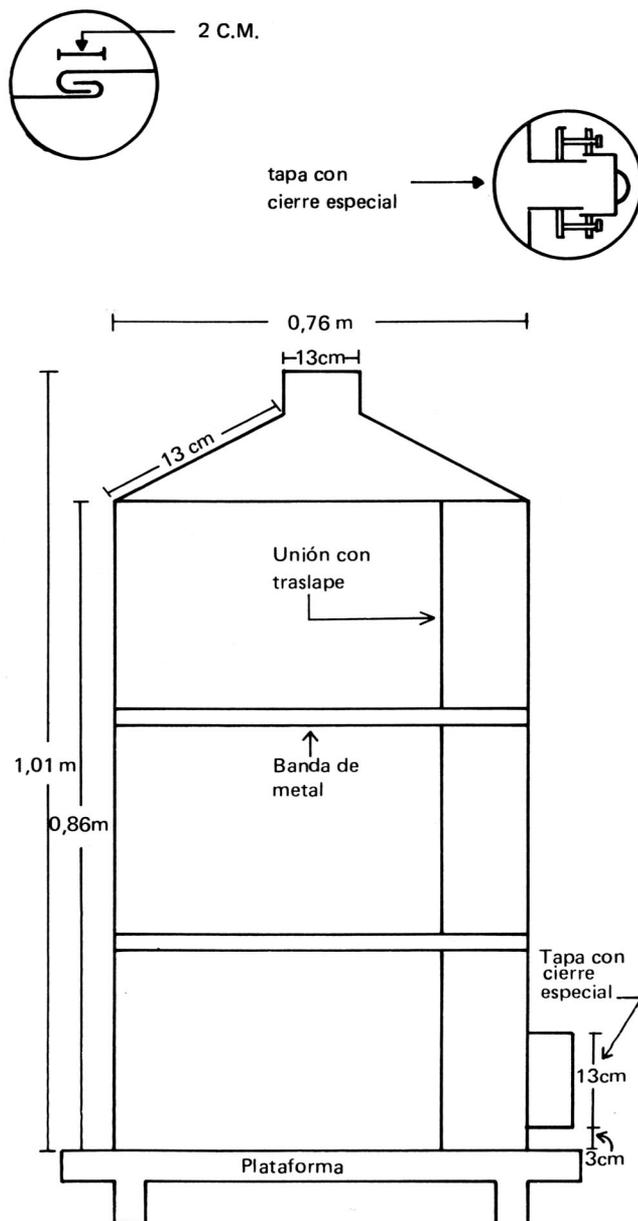


FIGURA no. 1. Diseño de un silo con capacidad para 300 kg de grano, construido con láminas de hierro galvanizado No. 26.

El maíz utilizado fue cedido por el Consejo Nacional de Producción y tenía inicialmente un 6% de grano dañado total, 82% de germinación, 46% de contaminación con *Aspergillus flavus* y 310 ug/kg de aflatoxinas. Antes de iniciar el ensayo el maíz se fumigó con fosfuro de aluminio (Phostoxin)\* para eliminar cualquier infestación presente en ese momento.

El ensayo se ubicó en condiciones naturales en un granero de la Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno, en Alajuela, a 840 msnm. El período de almacenamiento fue de 9 meses (setiembre de 1979 a junio de 1980).

Se tomaron muestras mensuales por la abertura inferior de los recipientes y además, cada 3 meses se tomaron muestras representativas de todo el grano del recipiente, por medio de una sonda de compartimientos separados. Esta segunda muestra fue dividida en dos partes de forma que una de ellas representaba al grano contenido en la mitad inferior de los recipientes y la otra a la mitad superior. En todos los casos las muestras fueron de aproximadamente 2,5 kg.

La condición del grano en cada muestra se evaluó por su contenido de humedad, infestación, daño, densidad, invasión por hongos, contaminación con aflatoxinas y germinación.

La humedad del grano se determinó en el horno de acuerdo con el método del AACC (1).

Los insectos de la muestra total se separaron por medio de una criba de aberturas circulares de 2,1 mm, se identificaron y contaron para determinar el número de insectos vivos por kilogramo de muestra.

La proporción de granos invadidos por hongos se determinó incubando 100 granos de maíz esterilizados superficialmente con hipoclorito de sodio al 5% (3), en agar-malta con 4% NaCl, a 28°C durante 4 días.

El contenido de aflatoxinas se determinó haciendo una extracción con acetona-agua y la cuantificación, por cromatografía de minicolumna, en un aflatoxímetro Velazco (10, 13).

## RESULTADOS

No se encontraron diferencias importantes entre los resultados de las muestras obtenidas de

\* Marca registrada.

diferentes secciones de los recipientes. Por esto, solamente se presenta el promedio de cada dato.

**Contenido de humedad**

El contenido de humedad del maíz almacenado en silos varió muy poco, manteniéndose con un promedio de 11,30/o el más seco y de 15,30/o el de mayor humedad (Figura No. 2). La humedad del maíz seco, almacenado en los recipientes abiertos, se mantuvo similar a la inicial (11,30/o) durante 7 meses, pero luego subió a 13,30/o a los 9 meses. En estos recipientes abiertos, cuando el grano tuvo inicialmente 15,30/o de humedad, se fue secando hasta llegar a tener cerca de 120/o a los 5 meses. A partir de este momento la humedad empezó a aumentar, llegando a ser de 220/o a los 9 meses de almacenamiento.

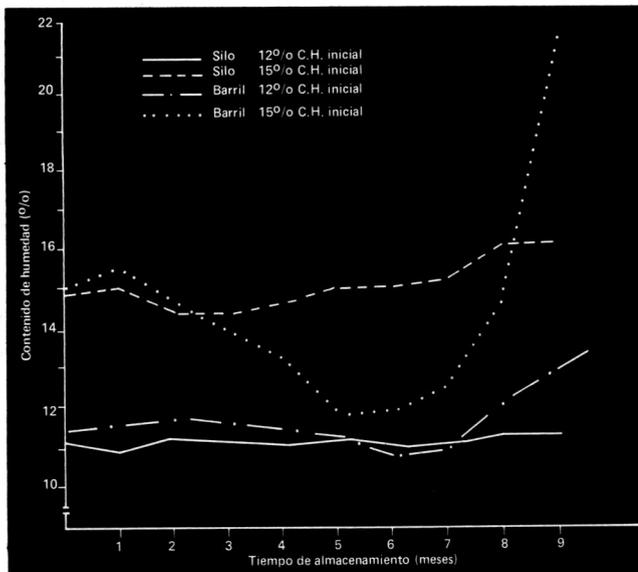


FIGURA No. 2. Contenido de humedad de maíz almacenado en recipientes herméticos y en barriles metálicos abiertos.

**Insectos**

No se encontró ningún insecto en el maíz durante los primeros cuatro meses de almacenamiento.

A partir del quinto mes se empezaron a encontrar gorgojos del género *Sitophilus* (especie *S. oryzae* y *S. zeamais*), aumentando la infestación rápidamente en el maíz almacenado en barriles me-

tálicos hasta llegar a ser de 508 y 455 insectos por kilogramo en el grano con 150/o y 120/o de humedad inicial respectivamente.

Las poblaciones de *Sitophilus* que se desarrollaron en los silos fueron menores que las de los barriles, llegando a ser de 5 insectos por kilogramo en el maíz con 120/o de humedad inicial y de 197 insectos por kilogramo en el maíz con 150/o de humedad inicial (Figura No. 3). En este último caso (silo con maíz con 150/o de humedad) la población de insectos fue bastante alta debido a que uno de los silos fue dañado por personas que trabajaban en los alrededores del ensayo y por la mayor humedad del grano.

En el grano de los barriles metálicos, que fue casi destruido por *Sitophilus*, se presentó una infestación secundaria de insectos de los géneros *Cryptolestes* y *Carpophilus*.

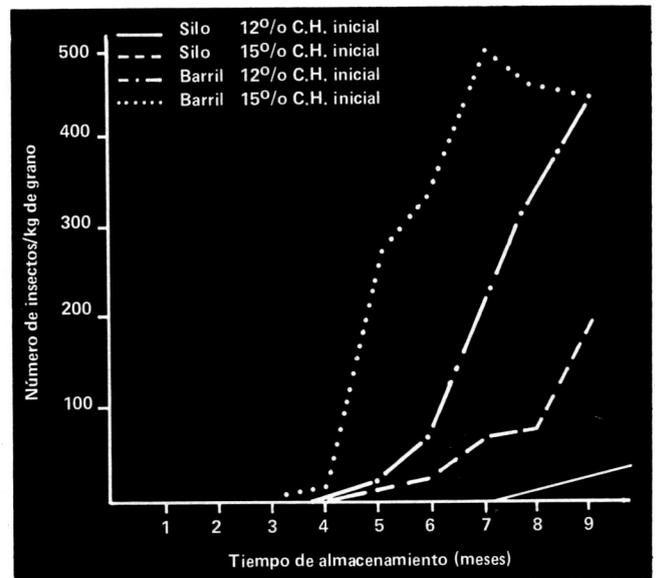


FIGURA No. 3. Población de *Sitophilus* sp. en maíz almacenado en recipientes herméticos y en barriles metálicos abiertos, evaluado por períodos de 30 días.

El maíz con 120/o de humedad inicial almacenado en silos fue el que sufrió el menor daño por insectos (0,85) durante todo el ensayo (Figura No. 4). Aun con 150/o de humedad inicial, el máximo daño por insectos encontrado en el maíz de los silos fue de 6,50/o. En el maíz de los barriles metálicos el daño fue mucho mayor y comenzó a aumentar desde los cinco meses en el grano con 150/o de humedad inicial y desde los

siete meses cuando la humedad era de 12<sup>o</sup>/. En el primer caso (15<sup>o</sup>/% de humedad inicial) el daño llegó hasta 66,4<sup>o</sup>/% y en el segundo (12<sup>o</sup>/% de humedad inicial) llegó hasta 47,7<sup>o</sup>/%.

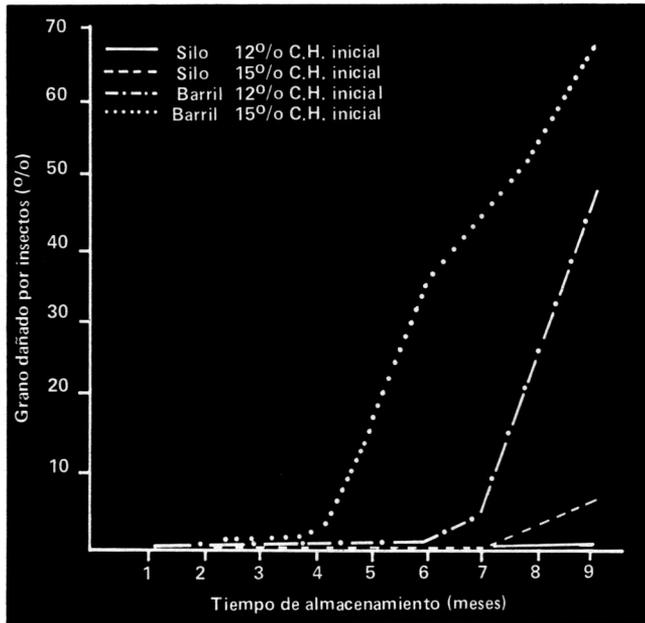


FIGURA No. 4. Daño causado por insectos en maíz almacenado en recipientes herméticos y en barriles metálicos abiertos.

## Hongos

Los hongos predominantes en el maíz durante todo el ensayo fueron los del grupo *Aspergillus flavus*. Durante los primeros cinco meses de almacenamiento se presentaron niveles de contaminación de *A. flavus* cercanos a 50<sup>o</sup>/% en todos los tratamientos (Figura No. 5). A partir del sexto mes la contaminación aumentó rápidamente en el maíz con 15<sup>o</sup>/% de humedad, llegando a ser, a los 9 meses, de 85<sup>o</sup>/% y 95<sup>o</sup>/% en el grano almacenado en los silos y barriles metálicos respectivamente. Cuando la humedad inicial del grano fue de 12<sup>o</sup>/% el aumento de contaminación con *A. flavus* fue menor llegando solo a 57<sup>o</sup>/% en el grano de los silos y a 76<sup>o</sup>/% en el de los barriles metálicos.

Inicialmente el grano presentaba también un 29<sup>o</sup>/% de contaminación con *A. glaucus* y 28<sup>o</sup>/% de *Penicillium*, pero esta contaminación fue disminuyendo en todos los casos, hasta ser menor de 5<sup>o</sup>/% al final del ensayo. Los hongos de campo que se encontraron al inicio del ensayo (cerca de 30<sup>o</sup>/%) también disminuyeron, hasta desaparecer casi por

completo al cabo de los nueve meses de almacenamiento.

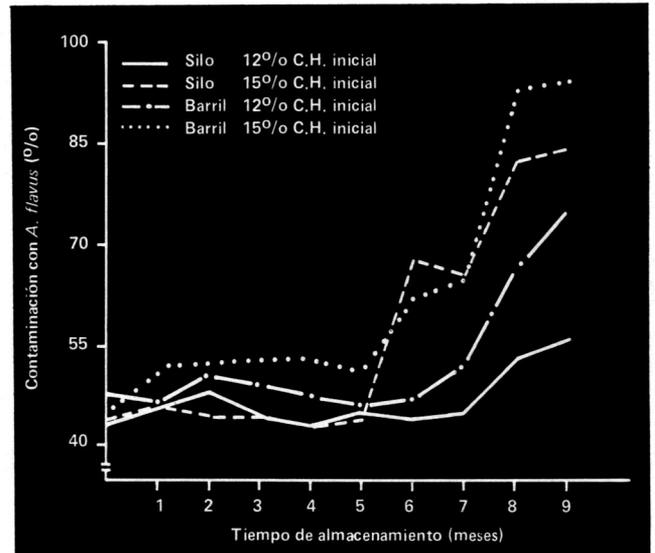


FIGURA No. 5. Contaminación por *Aspergillus flavus* en maíz almacenado en recipientes herméticos y en barriles metálicos abiertos.

El maíz tenía, inicialmente, 6<sup>o</sup>/% de daño por hongos (Figura No. 6). Este daño fue aumentando en todos los tratamientos a un ritmo de 1<sup>o</sup>/% a 2<sup>o</sup>/% por mes hasta los seis meses.

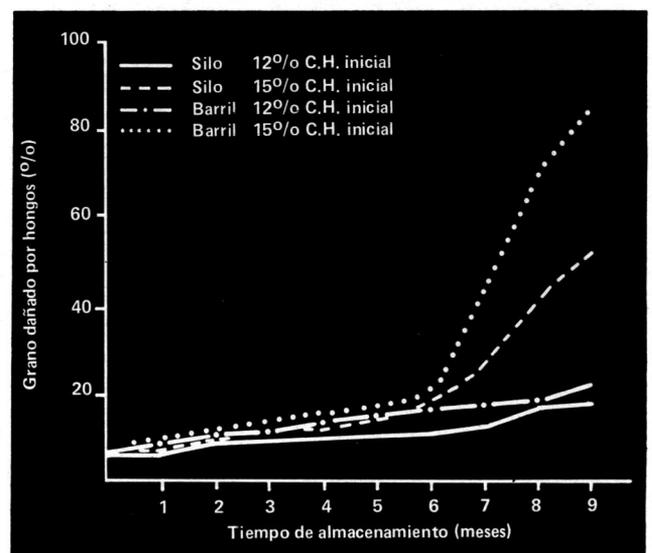


FIGURA No. 6. Daño causado por hongos en maíz almacenado en recipientes herméticos y en barriles metálicos abiertos.

Luego de este período el ritmo de aumento de daño en el maíz con 12<sup>o</sup>/o de humedad continuó igual, pero este daño aumentó rápidamente hasta llegar a 87,2<sup>o</sup>/o en el maíz de los barriles metálicos y a 51,4<sup>o</sup>/o en el maíz de los silos.

El daño por hongos a los 9 meses del maíz con humedad de 12<sup>o</sup>/o fue de 18,4<sup>o</sup>/o y 21,8<sup>o</sup>/o, cuando fue almacenado en silos y barriles metálicos respectivamente.

**Aflatoxinas**

Inicialmente todo el maíz estaba altamente contaminado con aflatoxinas (300 µg/Kg). La contaminación del maíz de los silos varió poco durante el ensayo (270 ug/kg a los 9 meses), pero en el maíz de los barriles metálicos bajó hasta 160 µg/kg al final del ensayo.

**Germinación**

Solamente el maíz almacenado con 12<sup>o</sup>/o de humedad inicial en silos mantuvo el nivel inicial de germinación de 87<sup>o</sup>/o (Figura No. 7). En todos los otros casos hubo marcadas pérdidas de germinación en la segunda mitad del período de almacenamiento.

La mayor pérdida de germinación la tuvo el maíz con 15<sup>o</sup>/o de humedad, tanto el almacenado en barriles metálicos como el de los silos, que llegó a ser de 0<sup>o</sup>/o y 9,5<sup>o</sup>/o al final del ensayo respectivamente. La germinación del maíz con humedad inicial de 12<sup>o</sup>/o, pero almacenado en barriles metálicos, también bajó hasta 25<sup>o</sup>/o.

**Densidad**

El maíz con 12<sup>o</sup>/o de humedad que se almacenó en silos mantuvo siempre una densidad cercana a 77 Kg/hl pero, en todos los demás casos, hubo un descenso marcado de densidad. La pérdida total de densidad fue similar en el maíz con 15<sup>o</sup>/o de humedad de los silos y de 12<sup>o</sup>/o de humedad de los barriles metálicos llegando a ser alrededor de 70 kg/hl a los 9 meses. El maíz que perdió más densidad fue el de 15<sup>o</sup>/o de humedad, almacenado en barriles metálicos. Este maíz perdió densidad continuamente pasando de 78 kg/hl al inicio del ensayo a 63 kg/hl al final del mismo.

El peso de 100 granos disminuyó constantemente en todos los tratamientos, pero solamente a los 9 meses se encontraron diferencias significativas entre ellos.

Al finalizar el ensayo, la pérdida de peso de 100 granos con respecto al peso inicial fue de 6,8<sup>o</sup>/o y 19,8<sup>o</sup>/o para el maíz con 12<sup>o</sup>/o y 15<sup>o</sup>/o de humedad inicial de los silos y de 28,7<sup>o</sup>/o y 31<sup>o</sup>/o para el maíz con 12<sup>o</sup>/o y 15<sup>o</sup>/o de humedad inicial en los barriles metálicos respectivamente.

**Pérdida de peso**

La pérdida de peso (materia seca) en los silos fue significativamente menor que la pérdida de peso en los barriles metálicos. En los silos las pérdidas fueron de 0,9<sup>o</sup>/o y 6<sup>o</sup>/o en el maíz con 12<sup>o</sup>/o y 15<sup>o</sup>/o de humedad respectivamente, mientras que en los barriles metálicos las pérdidas fueron de 13,9<sup>o</sup>/o y 23,9<sup>o</sup>/o en el grano con 12<sup>o</sup>/o y 15<sup>o</sup>/o de humedad respectivamente.

**DISCUSION**

Los resultados obtenidos en las muestras tomadas por la abertura inferior de los recipientes

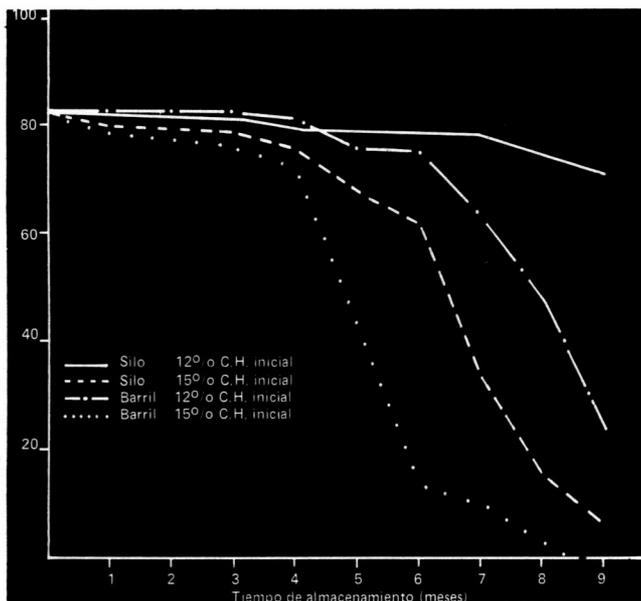


FIGURA no. 7. Porcentaje de germinación de maíz almacenado en recipientes herméticos y barriles metálicos abiertos.

fueron similares a los obtenidos en las muestras representativas de todo el grano, de lo que se infiere que, en esta ocasión, la condición general del grano fue uniforme a través de cada recipiente.

La diferencia fundamental en los resultados de este ensayo fue que el maíz almacenado en silos herméticos tuvo una infestación muy baja de insectos mientras que el maíz de los barriles metálicos abiertos fue fuertemente infestado. Durante los primeros cinco meses de almacenamiento no se presentaron problemas de insectos, pero a partir de este momento las poblaciones de insectos, especialmente en el maíz de los barriles metálicos, comenzaron a crecer rápidamente. Al aumentar las poblaciones de insectos estos produjeron varios efectos que se reflejaron en los datos de las otras variables medidas tales como cambios de humedad, aumento de grano dañado y pérdida de peso.

El contenido de humedad del maíz en los silos varió muy poco durante todo el ensayo, pero la humedad del maíz de los barriles metálicos mostró cambios de hasta 10<sup>o</sup>%, como fue el caso del maíz con 15<sup>o</sup>% de humedad inicial.

Los cambios de humedad del maíz en los barriles metálicos se debieron en parte al intercambio de agua entre el grano y la atmósfera, pero el efecto principal fue un aumento de humedad debido a la actividad de las grandes poblaciones de insectos que se desarrollaron en los barriles. Este fenómeno de aumento de humedad en el grano por efecto de los insectos es bien conocido en la literatura (2, 4, 6). Al aumentarse la humedad del grano en los barriles se favoreció el desarrollo de hongos y se incrementó la proporción de granos con *A. flavus* y por supuesto también aumentó el contenido de grano dañado por hongos.

Cuando la humedad inicial del maíz fue de 12<sup>o</sup>% y la infestación fue baja como en el maíz de los silos, casi no hubo daño por insectos ni hongos, ni tampoco pérdida de peso o de germinación. Cuando la humedad inicial fue baja pero hubo alta infestación, como en los barriles, hubo daño severo por insectos y pérdidas de peso y de germinación, aunque no se presentó daño por hongos.

En los casos en que la humedad inicial fue alta (15<sup>o</sup>%) y hubo alta infestación, el daño general fue mayor que en cualquier otro caso. Cuando la humedad inicial fue alta, se encontró que, aunque ésta no aumentara más durante el almacenamiento, era suficiente para favorecer el daño por

hongos y la pérdida de peso y de germinación, aunque no hubiera una alta infestación.

No obstante que en casi todos los casos hubo un aumento considerable de granos contaminados por *A. flavus*, en el grano de los barriles y del silo con 15<sup>o</sup>% de humedad inicial se encontró una marcada disminución en el contenido de aflatoxinas. Es importante recordar que, en este aspecto, el ensayo presenta una condición especial ya que el maíz con que se trabajó, a pesar de tener buen aspecto general y alto porcentaje de germinación contenía cerca de 300 ug/kg de aflatoxinas mientras que normalmente, al inicio de un período de almacenamiento, el grano está libre de aflatoxinas. La disminución de aflatoxinas observada no puede ser explicada con la información obtenida en la presente investigación.

Los daños producidos por insectos y hongos causaron una pérdida de peso del grano que se reflejó en la densidad y en el peso de 100 granos. Sin embargo, al comparar los datos de estos dos análisis con la pérdida de peso real, obtenida por la diferencia entre el peso inicial y el final de todo el maíz, se encontró que ninguno de los dos, la densidad o el peso de 100 granos, daban una indicación precisa de la pérdida real de peso. Esta observación ha sido hecha anteriormente, aunque el verdadero problema de la falta de precisión de estos métodos para estimar pérdida de peso podría ser el tamaño de la muestra y no el principio de cambio de densidad del grano en sí.

Solamente en el maíz con 12<sup>o</sup>% de humedad, almacenado en silos, no hubo pérdidas importantes de peso. En todos los otros casos se presentaron pérdidas significativas (entre 6<sup>o</sup>% y 23<sup>o</sup>%) provocadas por la acción de insectos y hongos. La pérdida de peso del maíz con 15<sup>o</sup>% de humedad, almacenado en silos, probablemente sea mucho menor que el 6<sup>o</sup>% encontrado en esta ocasión si se toman las precauciones necesarias para mantener, en lo posible, la hermeticidad del silo.

## CONCLUSIONES

1. En las condiciones en que se realizó este experimento, ni los insectos ni los hongos causaron daños importantes al grano durante los primeros 5 meses de almacenamiento, aunque se almacenaran en recipientes abiertos y con contenidos de humedad relativamente altos (15<sup>o</sup>%).

2. Cuando el período de almacenamiento sobrepasó los 5 meses, el grano que no se protegió de la entrada de insectos (y otros agentes de deterioro) comenzó a dañarse rápidamente aunque tuviera baja humedad (12<sup>o</sup>/o). Entre mayor fue el período de almacenamiento mayor fue el grado de deterioro del grano.

3. Aunque el grano se almacene en recipientes adecuados como silos metálicos, si su contenido de humedad es alto (15<sup>o</sup>/o ó mayor) se favorece el daño por hongos y si los insectos logran penetrar al grano y no se combaten, se multiplican rápidamente causando mucho daño en poco tiempo.

4. En esta ocasión, las muestras tomadas por la abertura inferior de los recipientes tenían una calidad similar a la del resto del grano en el recipiente, por lo que este tipo de muestreo resulta ser suficiente para estimar la condición general del grano.

#### LITERATURA CONSULTADA

1. American Association of Cereal Chemist. **Approved methods**. Minnesota, 1976. V. 2.
2. Cotton, R. J. **Silos y graneros, plagas y desinfección**. Barcelona: Ediciones Oikos-Tau, 1979. 328 p.
3. Christensen, C. M. *Deterioration of stored grains by fungi*. **Botanical Review** V. 23:108-134. 1957.
4. Christensen, C. M. **Storage of cereal grains and their products**. Minnesota: American Association of Cereal Chemist, 1974. 549 p.
5. Christensen, C. M. y Kaufmann, H. H. **Contaminación por hongos en granos almacenados**. México: Editorial Pax, 1976. 199 p.
6. Hall, D. W. **Manipulación y almacenamiento de granos alimenticios en las zonas tropicales y subtropicales**. Roma: F.A.O., 1971. 400 p. (Cuadernos de Fomento Agropecuario No. 90).
7. Harris, K. L. y Lindblad, C. J. **Postharvest grain loss assessment methods**. Minnesota: American Association of Cereal Chemist, 1978. 193 p.
8. Hindsma, P. S. et al. *Almacenamiento de granos: métodos para el pequeño agricultor en los trópicos*. **Agricultura de las Américas** 28:20-22, 42-43. 1979.
9. Hyde, M. B. et al. **Almacenamiento hermético de los cereales**. Roma:FAO, 1974. 73 p. (Boletín de Servicios Agrícolas No. 17).
10. Jones, B. D. **Métodos de análisis del contenido de aflatoxinas**. Londres: Tropical Products Institute, 1972. 58 p.
11. Lindblad, C. J. y Druben, L. **Small farm grain storage**. s.l.: Peace Corps, 1976. Secciones 1, 6, 7. (Manual Series No. 2).
12. Mc Farlane, J. A. *Insect control by airtight storage in small containers*. **Tropical Stored Products Information** 19:10-14.
13. Mora, M. A. **Damage to stored maize infested with *Sitophilus zeamais* Motsch.** Kansas: Food and Feed Grain Institute, 1976. 51 p. (Research report, 9).
14. Steven, B. *Metal silos en Guatemala: low cost storage of grain*. **Bulletin of the Tropical Stored Products** 31:1-2. 1976.
15. Stokes, S. P. *Small metal grain silos in Gwaziland*. **Tropical Stored Products Information** 32:1-3. 1976.