

# Comportamiento de la Semilla de Maíz (*Zea mays* L.) bajo Diferentes Sistemas de Almacenamiento<sup>1</sup>

E. Moreno\*, A. Menéndez\*, J. Ramírez\*

## ABSTRACT

Maize seeds, inoculated and uninoculated with stored grain fungi, and with moisture contents between 15.7 and 17.1% were kept for 60 days under three storage systems: hermetic, modified atmosphere and open. Both the hermetic and open storage samples, with uninoculated or inoculated seeds, had initial concentrations of 0.03% carbon dioxide and 21.0% oxygen. The modified atmosphere samples had an initial concentration of 92.0% carbon dioxide for the uninoculated seed and 88.8% for the inoculated seed, and 1.7% and 2.7% oxygen for the uninoculated and inoculated seeds, respectively. Results seem to show that carbon dioxide, at concentrations above 60%, has a phytotoxic effect on seed germination capacity. The germination capacity, with a 93% germination rate, was maintained when uninfected seeds were stored in the hermetic system. Seeds stored in the modified atmosphere and open storage had germination rates of 14 and 31%, respectively. In both systems infected seeds lost their germination capacity. Storage fungi did not grow from initially uninfected seeds either in the hermetic or in the modified atmosphere systems; however, a heavy development of *Aspergillus flavus* was observed when similar seeds were stored in a normal atmosphere. Storage fungi had a deleterious effect on seed germination when seeds were stored in a normal atmosphere. In infected seeds stored in the hermetic system germination rate was affected by the storage fungi; the effect of fungi was difficult to determine in seeds stored in the modified atmosphere systems due to the severe phytotoxic effect of the high concentrations of carbon dioxide.

## INTRODUCCION

Los hongos de granos almacenados (*Aspergillus* y *Penicillium*); han sido considerados como una causa importante de la pérdida del poder germinativo de la semilla de maíz (4, 9).

Los granos y semillas cosechados, al alcanzar su madurez fisiológica, generalmente están libres de in-

## COMPENDIO

Muestras de semillas de maíz, invadidas y no invadidas por hongos de almacén, fueron almacenadas en contenidos de humedad entre 15.7 y 17.1%, en tres sistemas de almacenamiento: almacenamiento hermético, atmósfera modificada y atmósfera normal. Las atmósferas de los almacenamientos hermético y normal, tanto para semillas invadidas como no invadidas por hongos, tenían inicialmente 0.03% de bióxido de carbono y 21.0% de oxígeno. La atmósfera modificada tenía una concentración inicial de bióxido de carbono de 92.0% para las semillas libres de hongos y de 88.0% para las invadidas y de oxígeno, 1.7% y 2.7%, respectivamente. El bióxido de carbono, en altas concentraciones, tuvo un efecto fitotóxico que afectó la capacidad de germinación de las semillas. Al final de la prueba, solamente la semilla que no estaba previamente invadida por hongos y que fue almacenada en el sistema hermético, mantuvo una capacidad de germinación de 93%. En cambio, las semillas similares almacenadas en las atmósferas modificada y normal, tuvieron germinaciones de 14 y 31%, respectivamente. Las semillas previamente invadidas por hongos perdieron su capacidad de germinación, en ambos sistemas. Las semillas que no fueron previamente inoculadas no presentaron desarrollo de hongos en los sistemas de almacenamiento hermético y de atmósfera modificada; en cambio, las semillas almacenadas en atmósfera normal presentaron una severa invasión por *Aspergillus glaucus*. Los hongos de almacén tuvieron un efecto nocivo sobre la germinación de las semillas cuando éstas fueron almacenadas en una atmósfera normal. En semillas almacenadas en la atmósfera modificada, previamente invadidas por hongos, se observó desarrollo de hongos y el efecto de éstos fue difícil de definir debido al severo efecto del bióxido de carbono.

fección por hongos de almacén; sin embargo, las esporas de éstos están siempre presentes ya sea sobre los granos o en el ambiente de los silos o bodegas esperando que haya condiciones de humedad, temperatura y tiempo necesarias para infectarlos. Una vez que los hongos han invadido los granos o semillas, su desarrollo puede ser muy activo, lento o prácticamente nulo, dependiendo de las condiciones subsecuentes de almacenamiento. Por tales razones, en la investigación que se haga sobre el combate de estos hongos se debe considerar si los granos o semillas están libres o no de infección por estos microorganismos.

En la actualidad, la forma de combatir a estos hongos es almacenando los granos con un contenido de humedad inferior al 13.0%, el cual permite el desarrollo de las especies más xerófitas de *Aspergillus* (2). No se usan fungicidas para el combate de los

<sup>1</sup> Recibido para publicación el 16 de junio de 1986.

Se agradece a la Maestra en Ciencias Carmen Márquez, del Instituto de Química de la Universidad Autónoma de México, su colaboración en la cuantificación del bióxido de carbono y oxígeno de las atmósferas de almacenamiento. También se agradece el apoyo financiero del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología en la realización de estos estudios.

Departamento de Botánica, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, 04510 México, D F

hongos de almacén, no obstante que recientes investigaciones (5, 6, 7), han mostrado la efectividad de algunos de ellos para este fin; además, su uso se ha restringido a la conservación de semillas con propósitos de siembra y no a los granos destinados a la alimentación humana y animal, dadas las propiedades tóxicas de estas sustancias.

Una alternativa para la preservación de granos y semillas es el almacenamiento hermético. Este sistema de almacenamiento de granos para el consumo humano y animal ha sido utilizado desde épocas remotas (10). Su principio básico radica en la eliminación del oxígeno y en el incremento del bióxido de carbono de la atmósfera que rodea a los hongos aerobios y los insectos del almacén (1).

En los países en desarrollo con zonas rurales cálidas húmedas, en donde la preservación de los granos es difícil, el almacenamiento hermético representa una alternativa con grandes posibilidades y ventajas de uso; entre ellas, la no utilización de pesticidas para el combate de insectos y hongos, la reducción del costo de la conservación de los granos y la ventaja de mantenerlos libres de la contaminación por micotoxinas producidas por hongos aerobios, entre ellos, algunas especies de los géneros *Aspergillus* y *Penicillium*.

Este sistema de almacenamiento se ha venido usando empíricamente en el sureste de México; por tal razón se considera importante obtener información que permita definir las ventajas y limitaciones de este sistema para el almacenamiento de los granos y semillas, cuando éstos están libres de infección, así como cuando ya han sido invadidos por los hongos de almacén.

Además de estudiar el almacenamiento de semillas libres y de semillas previamente invadidas por hongos en un sistema hermético —en el cual la concentración inicial de bióxido de carbono es baja— se decidió estudiar también el efecto de una alta concentración de bióxido de carbono desde el comienzo del almacenamiento mediante el llamado sistema de atmósfera modificada. Ambos sistemas de almacenamiento fueron comparados con el de atmósfera normal.

#### MATERIALES Y METODOS

**Semilla.** Se utilizó semilla de maíz (*Zea mays* L.) de la variedad V-524 la cual, a su arribo al laboratorio, tenía un 96% de germinación, un contenido de humedad de 10.4% y no presentaba invasión por hongos de almacén.

**Germinación.** El porcentaje de germinación se determinó de acuerdo a las reglas para el análisis de se-

millas de la International Seed Testing Association (3). Se utilizaron 400 semillas para la prueba de germinación del lote original y 200 semillas para cada una de las repeticiones de los tratamientos de los experimentos.

**Contenido de humedad.** El contenido de humedad fue determinado mediante el secado de muestras por duplicado de 5-10 gramos de semilla de cada unidad experimental en una estufa de circulación forzada, durante 72 horas a 103°C (11). El contenido de humedad se expresó en porcentaje con base en el peso húmedo.

**Micoflora:** El número y clase de hongos invadiendo internamente a las semillas fue determinado en 25 semillas de cada unidad experimental, las cuales fueron desinfectadas superficialmente con un solución de hipoclorito de sodio al 2% durante dos minutos y sembradas en malta-sal-agar (MSA) (2% de malta, 6% de cloruro de sodio y 2% de agar). Las semillas se incubaron a una temperatura de 26-27°C durante 7-10 días, hasta que las colonias pudieron ser contadas e identificadas.

**Fuente de bióxido de carbono.** El bióxido de carbono utilizado en las pruebas de almacenamiento se obtuvo mediante la reacción química del ácido clorhídrico y la roca de marmol, en un aparato de Kipp.

**Determinación de oxígeno y bióxido de carbono.** La determinación de bióxido de carbono y oxígeno se llevó a cabo con cromatografía de gases, en un equipo Perkin Elmer modelo "Sigma 1" provisto de un detector de conductividad térmica. Se emplearon dos columnas, la (A) empacada con porapak Q de 1 m de longitud por 3 mm de diámetro, de acero inoxidable; la otra columna (B) empacada con malla molecular de 5 Å de 1 m de longitud por 3 mm de diámetro, de acero inoxidable.

Las condiciones de operación, para las dos columnas fueron: temperatura del inyector 100°C, temperatura del detector 100°C y la temperatura del horno 90°C. Se utilizó gas helio como acarreador con un flujo de 25 ml/min.

Se inyectó 1 ml de aire de cada una de las muestras en cada una de las columnas. De la inyección en la columna A se obtuvieron los porcentajes de las áreas correspondientes a la señal de la mezcla nitrógeno-oxígeno y la de CO<sub>2</sub>. De la inyección en la columna B se obtuvieron los porcentajes de las áreas de las señales correspondientes a nitrógeno y oxígeno. Con esta información se calcularon los porcentajes de bióxido de carbono y oxígeno en las atmósferas de almacenamiento.

**Almacenamiento de la semilla.** De un lote de semilla de maíz que no presentaba invasión por hongos de almacén se tomaron dos sublotes de 5 4 kg cada uno. En el primer experimento, con semilla no invadida por hongos, el contenido de humedad de la semilla de uno de los sublotes fue ajustado a 17.0% , mediante la adición de agua (8) Una vez ajustado el contenido de humedad el sublotte se dividió en 36 unidades experimentales de 150 g cada una. Doce de estas unidades experimentales fueron colocadas en frascos herméticamente cerrados, sin cambiarles la atmósfera, con 0.03% de bióxido de carbono y 21.0% de oxígeno y que constituyeron lo que en el presente trabajo se ha denominado sistema hermético. Por otra parte, a doce de las unidades experimentales se les cambió la atmósfera normal por una modificada que contenía 92.0% de bióxido de carbono y 1.7% de oxígeno. Tanto en el sistema hermético como en la atmósfera modificada las unidades se mantuvieron en frascos de vidrio cerrados herméticamente, en cuyas tapas se colocó un disco de hule para facilitar el muestreo de las atmósferas

Las otras 12 unidades experimentales se almacenaron en cámaras con una humedad relativa de 85%, mantenida con una solución saturada de KCl (12). La atmósfera de dichas cámaras fue la normal.

En el segundo experimento, a la semilla del otro sublotte se le ajustó el contenido de humedad a 17.0% y se incubó por 7 días a 26-27°C para permitir su invasión por hongos de almacén. Al término del período de incubación el sublotte de semilla se dividió en el mismo número de unidades experimentales que en el primer experimento, y fueron almacenadas en la misma forma, la concentración de bióxido de carbono en la atmósfera del sistema hermético fue de 0.03 y 21.0% de oxígeno; la atmósfera modificada tuvo 88.0% de bióxido de carbono y 2.7% de oxígeno. La atmósfera normal para ambos experimentos tenía 0.03% de bióxido de carbono y 21.0% de oxígeno.

Todas las unidades experimentales, de la semilla invadida como no invadida, se almacenaron en un cuarto incubadora a 26°C, durante 60 días, llevándose a cabo muestreos a los 30, 45 y 60 días. En cada uno de los muestreos se determinaron los porcentajes de germinación, contenido de humedad, invasión por hongos y las concentraciones de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> en cada una de las repeticiones de los experimentos mediante los métodos descritos anteriormente.

Los dos experimentos se condujeron como factoriales, un factor el tiempo y otro el sistema de almace-

namiento, éste con tres niveles sistema hermético, atmósfera modificada y almacenamiento en atmósfera normal o abierto.

## RESULTADOS Y DISCUSION

**Semillas de maíz inicialmente no invadidas por hongos, almacenadas en atmósfera normal, atmósfera modificada y en forma hermética.**

Esta prueba de almacenamiento duró 60 días en los cuales el contenido de humedad de las semillas fluctuó entre 15.7 y 17.1% (Cuadro 1).

El análisis de varianza de los datos de germinación, durante los 60 días de almacenamiento, mostró diferencias altamente significativas ( $\alpha = 0.01$ ) entre tiempos de almacenamiento, entre sistemas de almacenamiento y en la interacción tiempo x sistemas de almacenamiento. Por tal razón se decidió fijar el factor tiempo y realizar un análisis de varianza en cada uno de los tiempos de muestreo: 30, 45 y 60 días; de esta manera, se logró definir las diferencias entre los sistemas de almacenamiento.

El análisis de varianza de los datos de germinación, a los 30 días de almacenamiento, mostró diferencias altamente significativas ( $\alpha = 0.01$ ) entre sistemas de almacenamiento, por lo que se realizó la prueba de rango múltiple de Duncan. Esta prueba mostró que el promedio de germinación de la semilla, en el sistema de almacenamiento hermético, fue diferente y superior ( $\alpha = 0.05$ ) a la de la semilla de los otros dos sistemas y a su vez, la germinación de la semilla almacenada en la atmósfera normal fue diferente y superior ( $\alpha = 0.05$ ) a la de la semilla en el almacenamiento con atmósfera modificada (Cuadro 1).

A los 30 días de almacenamiento, la atmósfera del almacenamiento hermético alcanzó un 42% de CO<sub>2</sub> y el oxígeno se redujo hasta 2.5%. La atmósfera modificada mostró un ligero cambio en la concentración de CO<sub>2</sub>: del 92.0% inicial se redujo a 87.0%; la concentración de oxígeno prácticamente no cambió: 1.7% inicial a 1.8%. No se detectaron hongos de almacén en las semillas almacenadas, tanto herméticamente como en la atmósfera modificada; en cambio, la semilla almacenada en atmósfera normal presentó una severa invasión por *Aspergillus glaucus* lo cual se reflejó en la pérdida de germinación de las semillas (Cuadro 1).

Por los resultados obtenidos pareciera que la alta concentración de bióxido de carbono afectó el poder germinativo de las semillas almacenadas en la atmósfera modificada.

Cuadro 1. Germinación, micoflora y concentraciones de bióxido de carbono y oxígeno de semilla de maíz inicialmente no invadida por hongos de almacén, almacenada durante 60 días, en forma hermética, en atmósfera modificada y en sistema abierto.

Tiempo de almacenamiento (días)	Sistemas de almacenamiento	Contenido de humedad (%)	Germinación (%)	Concentraciones		Semilla invadida por <i>Aspergillus</i>	
				CO <sub>2</sub> (%)	O (%)	<i>glaucus</i> (%)	<i>flavus</i> (%)
0	Hermético	16.9	96	0.03	21.0	0	0
	Atmósfera						
	Modificada	17.0	96	92.0	1.7	0	0
	Abierto	17.0	96	0.03	21.0	0	0
30	Hermético	16.9	94a*	42.0	2.5	0	0
	Atmósfera						
	Modificada	16.3	40c	87.0	1.8	0	0
	Abierto	16.8	54b	0.03	21.0	74	5
45	Hermético	16.8	94a	47.0	1.9	0	0
	Atmósfera						
	Modificada	16.0	39b	86.0	1.6	0	0
	Abierto	16.9	38b	0.03	21.0	83	2
60	Hermético	16.9	93a	58.0	1.7	0	0
	Atmósfera						
	Modificada	15.7	14c	83.0	0.8	0	0
	Abierto	17.1	31b	0.03	21.0	92	1

\* Números con letras diferentes son significativamente diferentes (Duncan,  $\alpha = 0.05$ ). La significancia estadística está establecida para cada muestreo y no para comparaciones entre muestreos (ver texto)

A los 45 de almacenamiento, el análisis estadístico de los datos de germinación mostró diferencias altamente significativas ( $\alpha = 0.01$ ) entre sistemas de almacenamiento; por tal razón se realizó una prueba de Duncan para definir tales diferencias. Esta prueba mostró que la germinación de las semillas de almacenamiento hermético fue diferente y superior ( $\alpha = 0.05$ ) a la de los otros dos sistemas y que entre éstos, no hubo diferencias significativas (Cuadro 1). Las concentraciones de bióxido de carbono y oxígeno del sistema de atmósfera modificada fueron similares a las concentraciones del periodo de 30 días; en el almacenamiento hermético la concentración de bióxido de carbono se incrementó a 47.0% y la de oxígeno se redujo a 1.9%. Solamente hubo desarrollo de hongos en la atmósfera normal, observándose un 83% de las semillas invadidas por *Aspergillus glaucus* (Cuadro 1).

A los 60 días de almacenamiento, el análisis estadístico de los datos de germinación nuevamente mostró diferencias altamente significativas ( $\alpha = 0.01$ ) entre los sistemas de almacenamiento, por lo que se llevó a cabo una prueba de Duncan para establecer dichas diferencias. Esta prueba mostró que la germinación de la semilla de almacenamiento hermético fue significativamente diferente y superior ( $\alpha = 0.05$ ) a

los otros dos sistemas y que la germinación de las semillas almacenadas en la atmósfera normal fue diferente y superior ( $\alpha = 0.05$ ) a la de las semillas almacenadas en la atmósfera modificada (Cuadro 1). En este muestreo se registró un incremento en la concentración de bióxido de carbono en el almacenamiento hermético (58.0%), el oxígeno se redujo a 1.7%; en el sistema de atmósfera modificada, el oxígeno se redujo a la mitad de la del periodo anterior (0.8%), y la concentración del bióxido de carbono fue de 83%. Solamente en las semillas almacenadas en la atmósfera normal se desarrollaron hongos *Aspergillus glaucus*. En esta prueba de almacenamiento, los hongos predominantes fueron del grupo *A. glaucus* mientras que *Aspergillus flavus* se presentó en porcentajes mínimos (Cuadro 1).

**Semillas de maíz, inicialmente invadidas por hongos, almacenadas en atmósfera normal, atmósfera modificada y en forma hermética.**

Esta prueba también duró 60 días, en los cuales el contenido de humedad fluctuó entre 16.0 y 17.1% (Cuadro 2).

El análisis de varianza de los datos de germinación, durante los 60 días de almacenamiento, mostró dife-

rencias altamente significativas ( $\alpha = 0.01$ ) entre tiempos de almacenamiento; y en la interacción tiempos x sistema de almacenamiento; por tal razón, se decidió fijar el tiempo para analizar los datos de germinación en cada uno de los tiempos de muestreo.

El análisis de varianza de los datos de germinación a los 30 días mostró diferencias altamente significativas ( $\alpha = 0.01$ ) entre sistemas de almacenamiento; por tal razón, se llevó una prueba de Duncan para establecer las diferencias entre ellos. Esta prueba mostró que la germinación de las semillas en el sistema hermético fue diferente y superior a los otros dos sistemas ( $\alpha = 0.05$ ) y a su vez, la germinación de la semilla del sistema de atmósfera modificada resultó diferente y superior a la de la semilla en el sistema de atmósfera normal (Cuadro 2).

La concentración de bióxido de carbono en el sistema hermético aumentó a 54% y la de oxígeno bajó hasta 0.3%. En el sistema de atmósfera modificada, la concentración de bióxido de carbono fue de 83% y la de oxígeno de 2.3%. La semilla almacenada en forma hermética registró un 30% de semilla invadida por *A. glaucus*. La semilla que fue almacenada en la atmósfera modificada presentó una invasión de 28% de *A. glaucus*, por otra parte, las semillas

almacenadas en atmósfera normal, o sistema abierto, mostraron una invasión del 80% por *A. glaucus* y del 13% por *A. flavus* (Cuadro 2).

El análisis de varianza de los datos de germinación a los 45 días mostró diferencias altamente significativas ( $\alpha = 0.01$ ) entre los sistemas de almacenamiento, por lo que se llevó a cabo una prueba de Duncan para definir tales diferencias. Esta prueba mostró que la germinación de la semilla almacenada en el sistema hermético fue diferente y superior a la de la semilla almacenada en los otros dos sistemas ( $\alpha = 0.05$ ) y a su vez, la germinación de la semilla almacenada en la atmósfera modificada fue diferente y superior a la de la semilla en el sistema abierto (Cuadro 2).

La concentración de bióxido de carbono fue de 55% y la de oxígeno de 1.9% para el sistema hermético y de 80.0% y 0.6% para el sistema de atmósfera modificada, respectivamente.

El desarrollo de *A. glaucus* fue similar en la atmósfera modificada y en el sistema hermético (30-35%) y aumentado a 90% en el sistema abierto; en este último sistema se observó un 37% de *A. flavus* (Cuadro 2).

Cuadro 2. Germinación, micoflora y concentraciones de bióxido de carbono y oxígeno de semilla de maíz inicialmente invadida por hongos de almacén, almacenada durante 60 días, en forma hermética, en atmósfera modificada y en sistema abierto.

Tiempo de almacenamiento (días)	Sistema de almacenamiento	Contenido de humedad (%)	Germinación (%)	Concentraciones		Semilla invadida por <i>Aspergillus</i>	
				CO <sub>2</sub> (%)	O (%)	<i>glaucus</i> (%)	<i>flavus</i> (%)
0	Hermético	16.8	96	0.03	21.0	30	0
	Atmósfera						
	Modificada	16.8	96	88.0	2.7	30	0
	Abierto	16.8	96	0.03	21.0	30	0
30	Hermético	17.1	57a*	54.0	0.3	30	0
	Atmósfera						
	Modificada	16.6	48b	83.0	2.3	28	0
	Abierto	17.0	33c	0.03	21.0	80	13
45	Hermético	16.8	56a	55.0	1.9	30	0
	Atmósfera						
	Modificada	16.0	44b	80.0	0.6	35	0
	Abierto	16.9	24c	0.03	21.0	90	37
60	Hermético	16.8	39a	60.0	1.8	28	0
	Atmósfera						
	Modificada	16.5	2c	80.0	3.2	30	0
	Abierto	16.8	24b	0.03	21.0	98	57

\* Números con letras diferentes son significativamente diferentes (Duncan,  $\alpha = 0.05$ ). La significancia estadística está establecida para cada muestreo y no para comparaciones entre muestreos (ver texto).

El análisis de varianza de los datos de germinación, a los 60 días de almacenamiento, mostró diferencias altamente significativas ( $\alpha = 0.01$ ) entre los sistemas, por lo que se llevó a cabo una prueba de Duncan, la cual mostró que la germinación de la semilla del sistema hermético fue diferente y superior a la germinación de las semillas de los otros dos sistemas ( $\alpha = 0.05$ ) y que la del sistema abierto fue diferente y superior a la germinación de la semilla almacenada en la atmósfera modificada (Cuadro 2).

El hongo *A. flavus* incrementó su desarrollo en el almacenamiento abierto a 57% , lo que parece ser debido a la presencia del oxígeno y al alto contenido de humedad. En cambio, *A. flavus* no se desarrolló en los sistemas hermético y de atmósfera modificada, aún cuando las semillas tenían un contenido de humedad similar al de las semillas en el sistema de atmósfera normal (Cuadro 2)

Por los resultados obtenidos en la primera prueba de almacenamiento, se puede decir que la pérdida de germinación de las semillas en el sistema de atmósfera modificada se debió a un efecto fitotóxico del bióxido de carbono en concentraciones altas. Así, tenemos que a los 30, 45 y 60 días, la diferencia principal entre los sistemas hermético y atmósfera modificada fue la concentración de bióxido de carbono, 42% versus 87% ; 47% versus 86% y 58% versus 83% , respectivamente (Cuadro 1)

La misma relación existió en la segunda prueba, sólo que en ésta se observó que el desarrollo de hongos también tuvo un efecto aditivo en la pérdida del poder germinativo de las semillas. Esto se pudo observar claramente en el sistema hermético, al comparar los datos de la primer prueba con los de la segunda; en ambas pruebas las concentraciones de bióxido de carbono y oxígeno son similares en los tres periodos de almacenamiento, siendo las germinaciones más bajas en el segundo experimento, en el cual hubo desarrollo de hongos. En el caso de la atmósfera modificada, en ambas pruebas, las germinaciones fueron comparables y el efecto de los hongos no se puede diferenciar claramente debido al severo efecto fitotóxico del bióxido de carbono (Cuadro 2).

En cuanto a la concentración de oxígeno, si bien las semillas pueden morir por falta de este gas, pareciera que en estos experimentos y a las concentraciones determinadas, este factor no fue tan decisivo como lo fue el bióxido de carbono en la pérdida de la capacidad de germinación de las semillas

El sistema hermético es una buena alternativa para almacenar semilla de maíz por periodos cortos de tiempo (90 días), con un contenido de humedad rela-

tivamente alto (17.0% ), lo cual no puede lograrse en el sistema abierto bajo las mismas condiciones de humedad; estas condiciones se encuentran frecuentemente en las zonas cálidas húmedas del sureste de México, en donde la semilla de maíz pierde en tres meses su poder germinativo y comercial.

Para almacenar grano de maíz con alto contenido de humedad, ambos sistemas —hermético y atmósfera modificada— lo mantienen libre de hongos, siempre y cuando el grano no haya sido previamente invadido por los hongos de almacén, lo cual es interesante desde el punto de vista sanitario. Desde el punto de vista práctico y económico, el sistema de almacenamiento hermético representa una buena alternativa para el almacenamiento de granos en el medio rural y para asegurar su éxito es necesario cosechar a tiempo y no permitir que el maíz permanezca en almacenamiento abierto cuando tiene altos contenidos de humedad que permiten un rápido desarrollo de los hongos.

#### LITERATURA CITADA

- 1 BANKS, H.J. Effects of controlled atmosphere storage on grain quality: a review. Food Technology in Australia 33:335-340
- 2 CHRISTENSEN, C.M. 1972. Microflora and seed deterioration. In Viability of Seeds. Ed by E.H. Roberts. London, Chapman and Hall. p 59-93.
- 3 INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION 1985. International Rules for Seed Testing. Anexes 1985 Seed Science and Technology 13:356-513.
- 4 MORENO, M.E.; CHRISTENSEN, C.M. 1970. Efecto de la humedad y hongos sobre la viabilidad de maíz almacenado. Revista Latinoamericana de Microbiología 12:115-121
- 5 MORENO, M.E.; VIDAL, G. 1981 Preserving the viability of stored maize seed with fungicides. Plant Disease 65:260-261
- 6 MORENO, M.E.; RAMIREZ, G.J.; MENDOZA, M.; VALENCIA, G. 1981 Efecto de fungicidas sobre la conservación de semilla de maíz previamente invadida por hongos de bodegaje. Turrialba 32:97-101
- 7 MORENO, M.E.; RAMIREZ, G.J. 1985 Protective effect of fungicides on corn seed stored with low and high moisture contents. Seed Science and Technology 13:285-290
- 8 PIXTON, S.W. 1967 Moisture content — its significance and measurement in stored products. Journal of Stored Products Research 3:35-47

9. QASEM, S.A.; CHRISTENSEN, C.M. 1958. Influence of moisture content, temperature, and time on the deterioration of stored corn by fungi. *Phytopathology* 48:544-549
10. SIGOUT, F. 1980. Significance of underground storage in traditional systems of grain production. In *Controlled Atmosphere Storage of Grains*. Ed by J. Shejbal. Amsterdam, Elsevier. p. 3-13
11. UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. 1979. Grain Equipment Manual G R 916-6. Federal Grain Inspection Service, Standardization Division, Richard Geavawer, A F B Kansas City Mo
12. WINK, W.A.; SEARS, G.R. 1950. Instrumentation studies LVII. Equilibrium relative humidities above saturated salt solutions at various temperatures. *TAPPI* 33(9):96A-99-A

## Reseña de Libros

CARPENTER, 1986. The history of scurvy and vitamin C. Cambridge University Press. 288 p.

Aparte de la hambruna, el escorbuto es probablemente la enfermedad nutricional que ha causado el mayor sufrimiento humano en la historia. En este erudito libro, Kenneth Carpenter, un profesor de nutrición de la Universidad de California, en Berkeley, describe la historia de esta enigmática enfermedad, y la investigación de un número relativamente pequeño de científicos que trataron de comprender sus causas en un intento de prevenirla y curarla. A pesar de estar repleta de tragedias, la historia tiene una gran fascinación. Ningún relato verdadero de la solución de un crimen podría ser tan cautivante en su multiplicidad de indicios y falsas pistas. Muchas sendas se tomaron en esfuerzos para prevenir la enfermedad, y algunas de estas rutas llegaron a acercarse bastante al éxito. Sin embargo, no fue sino hasta 1928, cuando la vitamina C (ácido ascórbico) fue aislada, que fue finalmente descubierta la solución del misterio.

Cuando los marineros comenzaron a aventurarse lejos de las costas conocidas, al final de la Edad Media, sus viajes comenzaron a durar varias semanas y hasta meses. Fue entonces que la enfermedad, que llegó a conocerse como la "plaga del mar", y posteriormente como "la enfermedad de los exploradores", causó grandes sufrimientos. Los hombres se debilitaban, sus miembros se hinchaban dolorosamente, sus dientes se ponían flojos en sus encías hinchadas, el apetito disminuía, y la muerte generalmente ocurría. Vasco de Gama, el primer explorador en alcanzar la Costa Malabar de la India circundando el Cabo de Buena Esperanza en 1482, sufrió la pérdida de la mitad de su tripulación. Pero él notó que las naranjas tenían un notable, aunque temporal, efecto curativo. En 1519, la expedición de Magallanes, que buscaba una ruta occidental a las Indias Orientales, sufrió iguales calamidades. Pero, nuevamente, los sobrevivientes se recuperaron cuando llegaron a Guam, donde podían obtener frutas frescas.

Carpenter sigue recordando las experiencias de muchos más de los primeros exploradores marinos. Drake, Cavendish, Hawkins, Sir James Lancaster, y el Comodoro George Anson, entre otros, todos perdieron parte de su tripulación. Muchas curas eran sugeridas, incluyendo limones, naranjas, y la coclearia (llamada en inglés "scurvy grass") que eran eficaces, pero otros, tales como ventilación, vinagre, quemar alquitrán, ropas secas, y aún danzar y otras formas de diversión, no dieron resultados.

En 1746, James Lind, un médico de la marina británica, condujo lo que fue probablemente el primer experimento de investigación en nutrición clínica. Dividió un grupo de 12 marineros, todos con escorbuto, en seis grupos, y entonces les dio a cada grupo un aditivo diferente a la ración normal que comían, durante 14 días. Los hombres que comieron las naranjas y los limones, mejoraron mucho, después de seis días; los que recibieron sidra de manzana quedaron en segundo lugar. Subsiguientemente, Lind expandió sus estudios a un volumen de 400 páginas que incluía una revisión de los trabajos de otros, y todas las teorías sostenidas hasta el momento.

Los estudios del Capitán James Cook fueron también importantes. En tres viajes de estudios de descubrimientos a finales de los 1700, no perdió ningún hombre debido al escorbuto. Tenía mucha fe en el "chucrú" (el sauerkraut, col fermentada de los alemanes), pero estaba constantemente experimentando con su tripulación con frutas, verduras y "cerveza de abeto" (spruce beer, del árbol *Picea*). En una época en que la Marina Británica se ocupaba poco del bienestar de sus hombres, la humanidad de Cook es notable. En 1781, en otra flota británica de 12 mil hombres, unos 1600 murieron de escorbuto.

El escorbuto estaba también apareciendo en las prisiones británicas. Aquí, se reconoció a las papas como una cura. Sin embargo, la "Gran Hambruna

Papera" de 1845-46 paralizó la distribución en gran escala del tubérculo. La carrera por el oro de California en 1849 causó también la aparición de la enfermedad. Una dieta de harina, galletas, cerdo y carne de res saladas era la ración normal, tanto para los que viajaron cruzando el continente, como para los que viajaron por barco alrededor del Cabo de Hornos. Se estima que murieron más de 10 mil personas. En la Guerra de Crimea, en 1854-56, las tropas británicas sufrieron muchas bajas hasta que llegaron cargamentos de jugo de limón. El ejército francés perdió un extraordinario total de 23 mil soldados debido al escorbuto.

Las exploraciones polares, tanto al Artico como al Antártico (1850 a 1915), también tuvieron sus desastres dietéticos. Aunque para esa época, ciertas frutas y verduras eran consideradas como vitales para la conservación de la buena salud, ellas perdían mucho de su valor si eran procesadas incorrectamente. La carne descompuesta (la teoría de la tomaina) fue considerada como la principal culpable y, sugiere Carpenter, que esto puede haber contribuido a la tragedia de la última expedición de Robert F. Scott al Polo Sur en 1912.

La primera rotura de frente importante ocurrió en 1907. Dos investigadores noruegos experimentaron con conejillos de Indias (cuyes o cuilos), demos-

trando que el escorbuto podía inducirse mediante dietas seleccionadas. Su trabajo mostró que la enfermedad en los cuyes era idéntica al escorbuto de los humanos. La selección de los conejillos de Indias como "conejillos de Indias" fue extraordinariamente fortuita, ya que ellos son uno de los pocos animales, al lado del hombre, incapaces de sintetizar el ácido ascórbico. Un húngaro, Alberto von Szent-Györgyi, fue el primero en aislar cristales de vitamina C, mientras trabajaba en Cambridge. En 1937, se le otorgó el Premio Nobel de Medicina. Carpenter describe la química del ácido ascórbico, y su síntesis a partir del jugo de limón, con bastante detalle. Trata después de las necesidades y usos de la vitamina C, y sus dosis recomendadas. También considera las teorías de Linus Pauling, otro laureado Nobel. Pauling ha propuesto el concepto llamado megavitamina, que sostiene que dosis masivas de vitamina C controlarán el resfriado común, la esquizofrenia y algunas formas de cáncer.

Este libro es una fascinante historia de la ciencia y la medicina. Lo recomiendo para el médico en actividad, el nutricionista, el historiador, así como también para el lector general.

DENNIS PULESTON  
ENVIROMENTAL DEFENSE LEAGUE  
WASHINGTON, D.C., USA