EFEECTO DE LOS HONGOS DE ALMACEN
SOBRE LA VIABILIDAD DE LAS SEMILLAS
DE MAIZ Y SOYA *

Por *Ernesto Moreno***

EFFECT OF THE STORAGE FUNGI ON THE VIABILITY IN
CORN AND SOYBEAN SEEDS

SUMMARY

It has been demonstrated that storage fungi can cause loss of viability in cereal seeds, such as maize. However, in seed with a high oil content, the loss of germination is mainly due to intrinsic factors, which are enhanced by high moisture content and storage temperature. The practical way of controlling these fungi, is by means of keeping the moisture and temperature at unfavourable levels for the development of the fungi, however this has technical and economical limitations, mainly for the rural areas.

Therefore, it is desirable to carry out research to allow the development of the adequate technology; such as the test and use of fungicides, the breeding for resistance to develop crops with seeds which can stand adverse storage conditions for longer periods, as well as to improve the rural storage systems.

RESUMEN

Se ha demostrado que la viabilidad de las semillas de gramíneas, como el maíz, se ve severamente afectada por la acción de los hongos del almacén; en cambio, en el caso de las semillas con alto contenido de aceite, se ha observado que son factores intrínsecos los que influyen en forma drástica en la pérdida de la viabilidad, como lo es el caso de las semillas de soya, girasol y cebolla, y que son agravados por el contenido de humedad y temperatura de almacenamiento.

* Trabajo presentado en la X Reunión de la Asociación Latinoamericana de Ciencias Agrícolas, Acapulco, Gro., 1979.

** Departamento de Botánica, Instituto de Biología, UNAM, México, D. F., México.

Actualmente, la manera de combatir a esos hongos es mediante el control de la humedad y temperatura de almacenamiento, lo cual tiene limitaciones de tipo técnico y económico, principalmente en áreas rurales. Por lo tanto, es necesario que se realice investigación que permita desarrollar la tecnología adecuada. En este aspecto, se sugiere la investigación sobre el uso de agroquímicos en el combate de estos hongos, mejorar genéticamente las semillas en relación con la conservación de su viabilidad, así como mejorar las condiciones de almacenamiento a nivel rural.

INTRODUCCION

El mantenimiento de la viabilidad de las semillas durante su almacenamiento, ha sido una de las principales preocupaciones del agricultor y del productor de semillas. Desde el momento en que las semillas alcanzan su madurez fisiológica, se inicia el proceso de la pérdida de viabilidad, proceso que se considera inexorable e irreversible y que tiene su origen en factores intrínsecos y extrínsecos. Entre los primeros se pueden mencionar la acumulación de metabolitos tóxicos, desnaturalización de macromoléculas, y el agotamiento de metabolitos esenciales y entre los segundos se encuentran factores físicos y biológicos del medio ambiente en el que se encuentran las semillas (Roberts, 1972).

Cierto grupo de hongos, los llamados hongos del almacén, principalmente especies de *Aspergillus* y *Penicillium*, constituyen parte de los factores extrínsecos que contribuyen a la pérdida de viabilidad de las semillas. Estos hongos han sido llamados hongos de almacén o de granos almacenados por su capacidad para crecer bajo condiciones de humedad y temperatura frecuentemente encontradas en granos y semillas en el almacén.

Estos hongos crecen en granos y semillas que tienen contenidos de humedad en equilibrio, con humedades relativas de 68 a 90% (Christensen, 1972). Se puede decir que la mayoría de estas especies están adaptadas a vivir en un ambiente limitado de agua y que algunas requieren una alta presión osmótica para su desarrollo.

Además de su efecto nocivo sobre la viabilidad de las semillas, algunos de estos hongos son capaces de producir potentes toxinas, entre ellas las aflatoxinas producidas por especies del grupo *Aspergillus flavus*.

MAIZ

En trabajos realizados por diversos investigadores, entre ellos Christensen (1964), Qasem y Christensen (1958) y Moreno y Christensen (1970), se ha observado el efecto deletéreo de estos hongos sobre la viabilidad de la semilla de maíz, y abundante información sobre este efecto en semillas agrícolas, ha sido resumida y analizada por Christensen y López (1963), Christensen y Kaufmann (1969) y Christensen (1972).

Las Tablas 1 y 2 muestran el efecto de los hongos del almacén sobre la viabilidad de la semilla de maíz. Los datos de la Tabla 1 muestran que la semilla

libre de hongos mantuvo una alta germinación, 98%, en cambio, la semilla inoculada con hongos perdió prácticamente su poder germinativo.

TABLA 1
EFECTO DE LA HUMEDAD Y HONGOS DE ALMACEN SOBRE LA GERMINACION DE MAIZ ALMACENADO CON HUMEDAD DE 16.7 a 17.3% Y TEMPERATURA DE 25° C.

Período de almacenamiento (semanas)	Contenido de humedad %	Germinación %	Colonias de hongos del almacén por gramo de semilla de maíz (miles)
<i>Semilla libre de hongos</i>			
2	17.1	100	0
6	16.7	100	0
12	17.0	100	0
<i>Semilla inoculada con hongos</i>			
2	17.1	63	5,000
6	17.1	22	17,000
10	17.3	6	— a

a. No se determinó.
Moreno y Christensen, 1970.

TABLA 2
GERMINACION, CONTENIDO DE HUMEDAD Y MICOFLORA DE SEMILLA DE MAIZ H-412, ALMACENADA 150 DIAS EN UNA HUMEDAD RELATIVA DE 85% Y A 26-27° C, TRATADA CON EL FUNGICIDA CAPTAN (750 ppm)

Tratamiento	Germinación %	Contenido de humedad %	% Semilla invadida por	
			<i>Apergillus glaucus</i>	<i>A. candidus</i>
Captan	92	15.8	0	2
Testigo	14	16.3	82	42

Moreno (datos no publicados).

Actualmente para el combate de estos hongos solamente se recomienda mantener los granos y semillas bajo condiciones desfavorables para los hongos, o sea almacenando los granos secos y a temperaturas bajas. Esto último requiere de equipo y construcciones adecuadas.

El almacenar los granos y semillas a bajos contenidos de humedad y temperatura representa, especialmente para las áreas rurales del trópico, problemas de tipo técnico y económico, por lo que es necesario estudiar alternativas en los sistemas de manejo de los granos y semillas después de su cosecha, sobre todo a nivel rural, lo cual implica investigación sobre métodos de cosecha, de secado, de limpieza, de combate de plagas y hongos, y diseño y evaluación de estructuras de almacenamiento.

Una de las alternativas en el combate de estos hongos, es el uso de agroquímicos, sin embargo, no se están utilizando con este propósito, ya que no se han desarrollado fungicidas específicos para combatir a estos hongos bajo las condiciones de almacenamiento de los granos y semillas. Por lo tanto, una de las características principales que deben tener estos fungicidas, es su capacidad para ser activos bajo las condiciones de baja humedad que se presentan los granos en el almacén (15 a 17%). Para su uso en granos destinados a la alimentación estas sustancias no deberán representar un peligro para la salud humana y de los animales domésticos. Esta última consideración es una fuerte limitante para el uso de fungicidas en granos alimenticios, no así como semillas, ya que los volúmenes de semilla tratada con fungicidas deben ser solamente destinados para la siembra y nunca para el consumo.

Las investigaciones que se han realizado en años anteriores, sobre el posible uso de fungicidas para el combate de estos hongos, han mostrado que éstos no han sido del todo satisfactorios, algunos no tienen efecto sobre estas especies, otros tienen un efecto parcial y otros afectan la viabilidad de las semillas (Milner et al., 1947; Moore y Olien, 1952; Olien y Moore, 1954; y Moreno y Christensen, 1970).

En la Tabla 3 se muestra el efecto parcial de algunos fungicidas sobre el desarrollo de los hongos, así como el efecto de los hongos sobre la viabilidad de la semilla; el uso de los fungicidas mercuriales ha sido prohibido en México, por su alto grado de persistencia y toxicidad.

Resultados recientes de nuestra investigación han mostrado que ciertos fungicidas como el Clorotalonil, Captafol, Captan, Tiabendazole, DPX-14, y Benomyl entre otros, tienen algún efecto protector de la viabilidad del maíz, cuando esta semilla se almacena en una humedad relativa de 85% a 27° C durante 150 días.

En la Tabla 2 se muestran datos experimentales, aún no publicados, que señalan el papel nocivo de los hongos sobre la viabilidad de esta semilla. La semilla tratada con Captan mantuvo un alto porcentaje de germinación, al prevenir el desarrollo de los hongos, mientras que la semilla no tratada perdió su poder germinativo por la acción de los hongos, la cual estuvo almacenada bajo las mismas condiciones de humedad y temperatura que la semilla tratada con fungicida.

TABLA 3

EFFECTO DE LA HUMEDAD, HONGOS Y FUNGICIDAS SOBRE LA GERMINACION DE MAIZ ALMACENADO A CONTENIDOS DE HUMEDAD DE 16.9 a 17.8% Y A 25°C

Tratamiento	Contenido de humedad %	Germinación %	Semillas invadidas por hongos %			
			<i>Aspergillus glaucus</i>	<i>A. ochraceus</i>	<i>A. candidus</i>	<i>Penicillium</i>
Libre de hongos sin fungicida	17.0	96	0	0	0	0
Con hongos sin fungicida	17.3	6	65	100	78	0
Con hongos y tratada con:						
Arasan	17.2	8	0	100	98	0
Tillantina	17.8	52	0	0	0	100
Agrosan	16.9	70	46	0	4	100

Moreno y Christensen, 1970.

Es necesario realizar más investigación con estos y otros fungicidas, bajo diversas condiciones de humedad y temperatura de almacenamiento, principalmente bajo humedades y temperaturas que frecuentemente se encuentran en el manejo normal de los granos y semillas. Igualmente es necesario investigar métodos de aplicación de los fungicidas y su efecto en granos y semillas en diferentes niveles de infección.

Como se señaló en un principio, la pérdida de la viabilidad puede ser atribuida a factores inherentes a la semilla, así como a factores externos. En cuanto a los factores inherentes, entre los que se encuentra el metabolismo de las semillas, el cual es acelerado por la humedad y temperatura del almacenamiento, es factible pensar en la posibilidad de mejorar la longevidad de las semillas, mediante el uso de las técnicas de fitomejoramiento.

Sobre este aspecto hay evidencias de la variabilidad que existe entre maíces en cuanto a su capacidad de mantener la viabilidad bajo condiciones de humedad y temperatura favorables para el desarrollo de hongos (Moreno y Christensen, 1971; Moreno et al., 1978). En la Tabla 4 se muestra la variabilidad que se detectó en 65 líneas de maíz que fueron cultivadas bajo las mismas con-

TABLA 4

GERMINACION DE LINEAS DE MAIZ, ALMACENADAS 44 DIAS
EN UNA HUMEDAD RELATIVA DE 85%

Rango de germinación	Números de las líneas
0 - 10%	3227, 3362, 3364, 3405, 3420, 3439, 3451
11 - 20%	3310, 3402, 3458, 3461, 3471
21 - 30%	3224, 3278, 3407, 3414, 3438, 3442, 3448
31 - 40%	3245, 3254, 3258, 3265, 3338, 3357, 3379, 3416, 3425 3450, 3454
41 - 50%	3222, 3280, 3263, 3312, 3358, 3398, 3435, 3441
51 - 60%	3239, 3282, 3283, 3400, 3411, 3418
61 - 70%	3229, 3247, 3255, 3269, 3341, 3370, 3262, 3475
71 - 80%	3244, 3252, 3261, 3302, 3339, 3351, 3447
81 - 90%	3287, 3313, 3372, 3383, 3419
91 - %	3384

Moreno y Christensen, 1971.

diciones ecológicas. Hubo líneas que se mostraron como "resistentes" y líneas que perdieron en mayor grado su poder germinativo. Es necesario intensificar los estudios tendientes al mejoramiento genético de las semillas con el fin de que sean más tolerantes al efecto de condiciones adversas de almacenamiento, entendiéndose por condiciones adversas a la humedad, temperatura y hongos. En el caso particular del maíz, que constituye el alimento básico del pueblo mexicano y especialmente de la población rural, es necesario estudiar y mejorar las condiciones de almacenamiento de este grano a nivel rural, para evitar las fuertes pérdidas que este sector sufre, con el consiguiente deterioro de su economía.

SOYA

El cultivo de la soya en México es de gran importancia económica y los programas de producción de semilla certificada se han ido incrementando en forma considerable. Uno de los problemas que se presentan en los programas de producción de esta semilla, es el mantenimiento de la viabilidad durante su

almacenamiento. La pérdida de viabilidad de esta semilla y en general su calidad, se ha atribuido a diferentes factores, entre ellos: el daño físico, el efecto de los hongos, humedad y temperatura durante su almacenamiento, y el efecto de las condiciones ambientales de la zona de producción. A continuación se discutirá el efecto de los hongos de almacén sobre la conservación de la viabilidad de esta semilla.

Como ya se vio en maíz, los hongos de almacén juegan un papel importante en la pérdida de viabilidad de los cereales, sin embargo en el caso de las semillas con alto contenido de aceite la situación es diferente; se ha encontrado que aún bajo condiciones desfavorables para los hongos la viabilidad se reduce considerablemente, lo cual es atribuible a los procesos inherentes a la semilla (Coutiño et al., 1970; García y Moreno, 1973; Pardavé y Moreno, 1977).

En la Tabla 5, se muestran datos de germinación de semilla de la variedad Bragg almacenada en humedades relativas de 55% y 75%, los cuales muestran que aún la semilla almacenada en una humedad relativa de 55%, en la que los hongos no se pueden desarrollar, perdió en forma considerable su viabilidad en un período corto de almacenamiento. Lo mismo se ha observado en semilla de soya tratada con fungicida, en la cual no hubo desarrollo de hongos y sin embargo la viabilidad se redujo considerablemente (Sánchez et al., 1971).

Al igual que en el caso del maíz, es muy probable que la semilla de soya también presente variabilidad en cuanto a su capacidad para mantener su viabilidad durante el almacenamiento. En la Tabla 6 se muestran datos de germinación de la semilla de dos variedades de soya, Bragg y Tropicana. Estas

TABLA 5

GERMINACION DE LA SEMILLA DE SOYA, VARIEDAD BRAGG, ALMACENADA EN HUMEDADES RELATIVAS DE 55 Y 75%, A TEMPERATURAS DE 20, 25 Y 30° C

Humedad relativa %	Temperatura °C	Período de almacenamiento (días)	Contenido de humedad %	Germinación %	% Semillas invadidas por <i>Aspergillus glaucus</i>
55	20	141	9.8	74	0
	25	141	8.8	70	0
	30	141	8.3	74	0
75	20	98	15.7	33	80
	25	98	14.6	24	55
	30	59	15.2	18	83

Pardavé y Moreno, 1976.

TABLA 6

GERMINACION, HUMEDAD Y HONGOS DE SEMILLA DE SOYA DE LAS
VARIETADES BRAGG Y TROPICANA, ALMACENADAS EN UNA
HUMEDAD RELATIVA DE 55% Y TEMPERATURA DE 20, 25 Y 30° C

Humedad relativa %	Temperatura °C	Período de almacenamiento (días)	Contenido de humedad %	Germi- nación %	% Semillas invadidas por <i>Aspergillus glaucus</i>
Bragg	20	141	9.8	74	0
	25	141	8.8	70	0
	30	141	8.3	74	0
Tropicana	20	194	9.2	100	1
	25	194	9.3	95	3
	30	194	9.3	98	3

Pardavé y Moreno, 1976.

variedades tuvieron un comportamiento diferente en cuanto al mantenimiento de su viabilidad. Aún cuando al inicio de la prueba ambas variedades tenían un alto porcentaje de germinación, 95 y 100%, la prueba no se puede considerar del todo válida para compararlas, ya que estas variedades provenían de diferente zona de producción, lo cual puede tener efecto en la calidad de la semilla y por lo tanto en el comportamiento durante su almacenamiento. Por lo tanto, es muy deseable determinar en forma precisa la variabilidad de la soya en cuanto a su comportamiento en el almacén. Para lo anterior se deberán comparar, bajo diferentes condiciones de almacenamiento, líneas y variedades que han sido cultivadas y manejadas bajo las mismas condiciones.

De acuerdo con lo anterior, se puede decir que el papel de los hongos del almacén es importante en el deterioro biológico de las semillas cuyo "envejecimiento" normal es lento, como los cereales, y que juegan un papel secundario en semillas cuyo deterioro biológico intrínseco es rápido, el que se intensifica bajo condiciones de humedad y temperatura favorables al desarrollo de hongos.

Se considera importante la investigación sobre el posible uso de fungicidas para el cobate de estos hongos en semillas que son fuertemente afectadas por ellos. Por otra parte, es necesario incrementar el trabajo que se puede desarrollar en el área de fitomejoramiento, con el fin de formar variedades de plantas cuyas semillas sean más tolerantes a perder su viabilidad bajo condiciones adversas de almacenamiento, así como realizar trabajo en el área de la

fisiología de las semillas almacenadas, con el objeto de conocer con precisión las causas del deterioro biológico intrínseco y de esa manera estar en condiciones de planear la investigación adecuada cuyos resultados permitan tomar las medidas adecuadas para reducir la velocidad de los procesos de deterioro.

LITERATURA CITADA

- Christensen, C. M., 1964. Effect of moisture content and length of storage period upon germination percentage of seed of corn, wheat, and barley free of storage fungi. *Phytopathology* 54:1464-1466.
- Christensen, C. M., 1972. Microflora and Seed Deterioration. In *Viability of Seed*. Ed. by E. H. Roberts. Chapman and Hall. Londres.
- Christensen, C. M. y H. H. Kaufmann, 1969. *Grain Storage. The Role of Fungi in Quality Loss*. University of Minnesota Press, Minneapolis.
- Christensen, C. M. y L. C. López, 1963. Pathology of Stored Seeds. *Proc. Int. Seed Test. Ass.*, 28:701-711.
- Coutiño, M. B. R., E. Moreno y M. Zenteno, 1970. Efectos de ciertas condiciones de almacenamiento sobre la viabilidad de la semilla de cebolla (*Allium cepa* L.) y coliflor (*Brassica oleracea* L.). *Rev. Lat. Amer. Micro.* 12:109-114.
- García, G. y E. Moreno, 1973. Efecto del contenido de humedad y de los hongos durante el almacenamiento de las semillas de girasol. *Bol. Soc. Mex. Mic.* 7:145-150.
- Milner, M., C. M. Christensen y W. F. Geddes, 1947. Grain storage studies 7: Influence of certain mold inhibitors on respiration of moist wheat. *Cereal Chemistry* 24:507-517.
- Moore, B. B. y C. R. Olien, 1952. Mercury bichloride solution desinfects for cereal seeds. *Phytopathology* 42:471.
- Moreno, E. y C. M. Christensen, 1970. Efecto de la humedad y hongos sobre la viabilidad de maíz almacenado. *Rev. Lat. Amer. Micro.* 12:115-121.
- Moreno, E. y C. M. Christensen, 1971. Differences Among Lines and Varieties of Maize in Susceptibility to Damage by Storage Fungi. *Phytopathology* 61:1498-1500.
- Moreno, E., R. R. Morones, y R. Gutiérrez, 1978. Diferencias entre líneas, cruces simples y dobles de maíz en su susceptibilidad al daño por condiciones adversas de almacenamiento. *Turrialba* 28:233-237.
- Olien, C. R. y M. B. Moore, 1954. Certain mercurial seed treatments do not kill fungi on seed wheat prior to planting. *Phytopathology* 44:500- (Abstract).
- Pardavé, D. M. y Moreno, E., 1976. Efecto de diferentes condiciones de almacenamiento sobre la viabilidad de la semilla de soya. Serie de Botánica. *Anales del Instituto de Biología*. (En prensa.)
- Qasem, S. A. y C. M. Christensen, 1958. Influence of moisture content, temperature and time on the deterioration of stored corn by fungi. *Phytopathology* 48:544-549.
- Roberts, E. H., 1972. Cytological, Genetical, and Metabolic Changes Associated with Loss of Viability In *Viability of Seeds*. Ed. by E. R. Roberts. Chapman and Hall London.
- Sánchez, D. F., E. Moreno y M. Zenteno, 1971. Estudios sobre el almacenamiento de la semilla de soya de la variedad Tropicana. *Bol. Soc. Mex. Mic.* 5:47-55.