

COMPORTAMIENTO DE DIFERENTES SEMILLAS DE CEBADA ALMACENADAS BAJO CONDICIONES QUE FAVORECEN SU DETERIORO BIOLÓGICO

ERNESTO MORENO-MARTÍNEZ*

SANTA GARCÍA-CORTÉS**

JORGE RAMÍREZ-GONZÁLEZ*

RESUMEN

Se almacenaron, en tres humedades relativas 75, 80 y 85% a 26°C, semillas de cebada de las variedades Centinela, Cerro Prieto, Numar, Porvenir y Tlaxcala, para observar el efecto de los hongos de almacén sobre el poder germinativo de las semillas durante su almacenamiento, así como para realizar un estudio comparativo entre estas variedades en cuanto al mantenimiento de su longevidad en el almacén. Por los resultados obtenidos, se puede decir que los hongos de almacén no juegan el mismo papel en la pérdida de viabilidad de estas semillas como lo tienen en otros cereales. Las variedades Porvenir y Tlaxcala fueron las que mostraron una mayor longevidad bajo las condiciones de almacenamiento probadas.

ABSTRACT

Barley seeds of five varieties (Centinela, Cerro Prieto, Numar, Porvenir y Tlaxcala) were stored under three relative humidities 75, 80 and 85% at 26°C to determine the effect of storage fungi on their viabilities as well as to test for differences in viability rates among them. The results suggests that storage fungi do not affect these seeds in the same way they do effect other cereals. The varieties Porvenir and Tlaxcala retained their viabilities longer under these conditions.

INTRODUCCIÓN

Se considera que las semillas de los cereales son más longevas que las de otras familias. Así tenemos que existen semillas de corta vida en el almacén, como lo son las de lechuga, cebolla, cacahuete, soya y girasol, en contraste con los cereales que toleran periodos más largos de almacenamiento. Sin embargo, entre los cereales hay algunos más longevos que otros; se considera que las semillas de cebada mantienen su viabilidad por periodos más largos que las de maíz, trigo y centeno; y estas últimas también difieren en esta característica, siendo más tolerantes las se-

* Departamento de Botánica, Instituto de Biología, UNAM. México, D. F., 04510.

**Becaria en el Instituto de Biología, del PSPA de la UNAM. México, D. F., 04510.

millas de maíz y más susceptibles las de centeno a perder su viabilidad durante el almacenamiento (Haferkamp *et al.*, 1953).

No obstante que las semillas de cebada están consideradas entre las de vida más larga en el almacén, están expuestas a condiciones de manejo y almacenamiento que originan la pérdida de su poder germinativo; siendo éste un problema frecuente en nuestro país, que afecta a los productores de estas semillas y a los usuarios, los agricultores y las industrias maltera y cervera.

Una de las causas de la pérdida de viabilidad de las semillas almacenadas son los hongos de almacén. Este efecto nocivo es más directo y evidente en el caso de los cereales (Papavizas y Christensen, 1958; Qasem y Christensen, 1960; Moreno y Christensen, 1972). Con las semillas oleaginosas se ha observado que los hongos no tienen el mismo papel que con los cereales; consideramos que la pérdida de viabilidad en semillas como la soya, girasol y cebolla se debe principalmente a las características químicas y fisiológicas propias de cada especie (García y Moreno, 1973; Sánchez *et al.*, 1971).

Existe poca información, a nivel nacional e internacional, en relación con las causas que originan la pérdida de viabilidad en las semillas de cebada y en particular con el papel que los hongos de almacén juegan en este importante fenómeno. Además, tampoco existe información sobre el comportamiento en el almacén de las variedades mexicanas de cebada más comunes en la industria maltera.

Por lo anteriormente señalado, este trabajo se realizó con la finalidad de obtener información que eventualmente permitirá tomar medidas para la prevención de las pérdidas que actualmente se tienen durante el almacenamiento de las semillas de cebada.

MATERIAL Y MÉTODOS

Semilla. Se utilizaron semillas de cinco variedades de cebada, Tlaxcala, Porvenir, Cerro Prieto, Centinela y Numar, proporcionadas por la Impulsora Agrícola, S.A. El contenido de humedad y germinación inicial de cada una de las variedades se muestran en la Tabla 1. Ninguna de las variedades mostró semillas invadidas por hongos de' almacén.

Germinación. El porcentaje de germinación se determinó con 200 semillas de cada una de las cuatro repeticiones. Se pusieron a germinar a 25°C, llevándose a cabo dos conteos, a los cuatro y siete días. Para determinar la germinación de los lotes originales de cada una de las variedades, se utilizaron 400 semillas (AOSA, 1981).

Contenido de humedad. El contenido de humedad fue determinado empleando el método de secado en estufa a 103°C durante 72 horas (USDA, 1976), y calculado con base en el peso húmedo de la semilla. El contenido de humedad de las semillas en cada tratamiento se obtuvo con el promedio de ocho repeticiones de 10 g cada una.

Micoflora. Veinticinco semillas de cada repetición fueron desinfectadas superficialmente con hipoclorito de sodio al 2% durante dos minutos, las que se sem-

braron en MSA (2% malta, 6% sal y 2% agar) e incubaron a 26°C, hasta que las colonias pudieron ser contadas e identificadas. Los hongos de almacén fueron identificados a nivel de género en el caso de *Penicillium*, y a nivel de grupo en el de *Aspergillus*. Para la determinación de la micoflora original de las variedades de cebada se sembraron 100 semillas de cada variedad, no habiéndose observado la presencia de estos hongos.

Humedades relativas. Las humedades relativas utilizadas fueron de 75, 80 y 85%. Estas humedades relativas se obtuvieron mediante soluciones saturadas de cloruro de sodio, sulfato de amonio y cloruro de potasio, respectivamente (Winston y Bates, 1960).

Pruebas de almacenamiento. De cada una de las cinco variedades (Tabla 1) se prepararon 36 unidades experimentales de 100 g cada una. En cada humedad relativa, 75, 80 y 85%, se almacenaron doce unidades experimentales; las que se colocaron al azar dentro de las cámaras de almacenamiento. La temperatura de las cámaras se mantuvo a 26°C durante el periodo de almacenamiento. Cada humedad relativa se consideró como un experimento independiente, los que analizaron como experimentos factoriales completamente al azar de dos factores (tiempo y variedades) y cuatro repeticiones.

En cada experimento se llevaron a cabo tres muestreos, uno cada 30 días en la humedad relativa de 85%; uno cada 40 días en la humedad relativa de 80% y en la humedad relativa de 75%, los muestreos se llevaron a cabo cada 70 días, determinándose el porcentaje de germinación, el contenido de humedad y la micoflora mediante los métodos descritos con anterioridad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Almacenamiento de las semillas de cebada en la humedad relativa de 75%.

El contenido de humedad de las semillas de cebada durante los 180 días de almacenamiento se mantuvo entre 14.0 y 14.9%.

El porcentaje de germinación correspondiente a cada uno de los tiempos de muestreo se muestra en la Tabla 2. Un análisis de varianza de los datos de germinación a los 180 días, mostró efectos altamente significativos ($P < 0.01$), para el factor tiempo, variedades y la interacción tiempo/variedad. Por lo tanto se decidió fijar el tiempo y realizar un análisis de varianza en cada uno de los tiempos de muestreos a 60, 120 y 180 días para determinar las diferencias entre las variedades en cada uno de esos periodos.

El análisis de varianza, de los datos de germinación en cada uno de los tiempos de muestreo (60, 120 y 180 días), mostró diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) entre variedades. Para detectar esas diferencias, en cada uno de los muestreos se realizaron pruebas de rango múltiple de Duncan. A los 60 días (Tabla 2) esta prueba mostró que las variedades Tlaxcala y Porvenir fueron iguales entre sí y superiores a las variedades Numar, Cerro Prieto y Centinela, siendo esta última la que presentó la germinación más baja. La variedad Numar fue superior a la variedad Centinela, mientras que la variedad Cerro Prieto no se

pudo diferenciar de las variedades Numar y Centinela. Respecto a los hongos que se encontraron invadiendo la semilla de cebada a los 60 días de almacenamiento, se observó que la variedad Porvenir fue la que presentó el más bajo porcentaje de semilla invadida, 36%, y que las variedades Numar, Centinela, Tlaxcala y Cerro Prieto presentaron invasiones de 52 a 72% (Tabla 2). A los 120 días de almacenamiento (Tabla 2), la prueba de Duncan mostró nuevamente que las variedades Tlaxcala y Porvenir fueron iguales entre sí y superiores a las otras variedades. La variedad Numar fue superior a las variedades Centinela y Cerro Prieto, siendo esta última la que presentó la germinación más baja. Solamente las variedades Tlaxcala y Porvenir mantuvieron promedios de germinación superiores a 85%, el cual es requerido para el uso de la cebada en la industria maltera y para fines agrícolas. La invasión de la semilla por hongos de almacén a los 120 días de almacenamiento se mantuvo prácticamente en los mismos niveles que tenía a los 60 días de almacenada (Tabla 2). A los 80 días de almacenamiento (Tabla 2), la prueba de Duncan mostró que la variedad Tlaxcala fue superior a las demás variedades y que las variedades Porvenir, Numar y Centinela resultaron ser iguales entre sí y superiores a la variedad Cerro Prieto. Ninguna de las variedades mantuvo el porcentaje de germinación requerido, 85%, para su uso en la industria maltera o en la agricultura. En lo que respecta a la micoflora, la invasión por hongos de almacén en la semilla fue prácticamente la misma que se encontró a los 60 y 120 días de almacenamiento.

Estos resultados, del almacenamiento de la semilla de cebada en la humedad relativa de 75%, señalan que a los 60 días todas las variedades mantuvieron alto su porcentaje de viabilidad, siendo las variedades Porvenir y Tlaxcala las que mejor la conservaron. Por otra parte, estos resultados muestran que a los 120 días de almacenamiento, la variedad Cerro Prieto ha perdido en gran parte su poder germinativo y que las semillas de las variedades Porvenir y Tlaxcala fueron las que mejor mantuvieron la viabilidad. Por último, se observó que a los 180 días de almacenamiento todas las variedades sufrieron un fuerte deterioro en su capacidad germinativa debido principalmente al deterioro fisiológico de las semillas ocasionado por las condiciones de almacenamiento.

Almacenamiento de las semillas de cebada en la humedad relativa de 80%. El contenido de humedad de las semillas de cebada se mantuvo durante los 120 días de almacenamiento entre 15.0 y 16.0%.

El análisis de varianza de los datos de germinación a los 120 días de almacenamiento mostró efectos altamente significativos ($P < 0.01$), para la interacción tiempo/variedades, el factor tiempo y las variedades; por lo que se decidió fijar el tiempo y realizar un análisis de varianza en cada uno de los muestreos, a 40, 80 y 120 días, para determinar las diferencias entre las variedades en cada uno de esos periodos de almacenamiento.

El análisis de varianza de los datos de germinación en cada uno de los tiempos de muestreo mostró diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) entre variedades. Para detectar las diferencias encontradas entre variedades, en cada uno de los tiempos de muestreo se realizó una prueba de rango múltiple de Duncan. Esta prueba mostró que a los 40 días de almacenamiento (Tabla 3) la variedad Por-

venir presentó el promedio de germinación más alto y resultó estadísticamente igual a la variedad Tlaxcala que a su vez resultó igual a la variedad Cerro Prieto. Las variedades Numar y Centinela resultaron ser iguales entre sí y fueron las que presentaron las germinaciones más bajas. Todas las variedades con excepción de la variedad Centinela, presentaron promedios de germinación superiores a 85%. La invasión de las semillas por hongos de almacén a los 40 días fue alta, de 66% en la variedad Numar y hasta 87% en las variedades Porvenir y Tlaxcala (Tabla 3). A los 80 días de almacenamiento (Tabla 3) las variedades Tlaxcala y Porvenir resultaron ser estadísticamente iguales entre sí y superiores a las variedades Numar, Centinela y Cerro Prieto que resultaron ser diferentes entre sí. Las variedades Tlaxcala y Porvenir fueron las únicas que presentaron porcentajes de germinación superiores a 85%. La invasión de las semillas por los hongos de almacén, en este periodo de almacenamiento, aumentó en todas las variedades, llegando a 99% en las variedades Porvenir y Cerro Prieto. A pesar de este alto grado de invasión por hongos, no hubo decremento en la viabilidad de la variedad Porvenir (Tabla 3); por lo que podemos suponer que los hongos no tienen en cebada el efecto nocivo que tienen sobre la viabilidad de las semillas de otros cereales, como el maíz. A los 120 días de almacenamiento (Tabla 3) se encontró que la variedad Porvenir y Numar fueron iguales entre sí y superiores a las variedades Centinela y Cerro Prieto, siendo esta última la que presentó la germinación más baja. Ninguna de las cinco variedades mantuvo el nivel de germinación requerido para la industria maltera o para los fines agrícolas. Respecto a la invasión de las semillas por hongos, se encontró que ésta fluctuó de 76 a 96%.

Estos resultados, del almacenamiento de semilla de cebada en una humedad relativa de 80%, muestran que las variedades Porvenir y Tlaxcala, al igual que en la humedad relativa de 75%, son las que mantienen más alto su poder germinativo.

La invasión de las semillas por hongos de almacén, durante los 120 días de almacenamiento, fue alta desde el principio, ya que a los 40 días el porcentaje de semillas invadidas fue de 60 a 87%; y al final de los 120 días se registraron invasiones de 76 a 96%. A pesar de tener estos altos porcentajes de semillas invadidas por hongos, desde el inicio de la prueba de almacenamiento hasta el término de ésta, no se observó un efecto directo de los hongos de almacén sobre la viabilidad de las semillas de cebada, siendo esto más evidente en las variedades Tlaxcala y Porvenir.

Almacenamiento de las semillas de cebada en la humedad relativa de 85%. El contenido de humedad de la semilla de cebada durante los 90 días del almacenamiento se mantuvo entre 16.9 y 17.5%.

El análisis de varianza de los datos de germinación a los 90 días de almacenamiento mostró efecto altamente significativo ($P < 0.01$) para la interacción tiempo/variedades, el factor tiempo y las variedades. Por lo anterior, se decidió fijar el tiempo, realizando un análisis de varianza en cada uno de los muestreos, 30, 60 y 90 días, para determinar las diferencias entre variedades en cada periodo de almacenamiento.

Los análisis de varianza de los datos de germinación a los 30, 60 y 90 días de almacenamiento mostraron diferencias altamente significativas ($P < 0.01$), entre variedades. Por lo que se realizaron pruebas de rango múltiple de Duncan, en cada uno de los muestreos, con el fin de detectar las diferencias entre variedades. A los 30 días de almacenamiento (Tabla 4), la prueba de Duncan mostró que las variedades Porvenir y Tlaxcala fueron iguales entre sí y superiores a todas las demás. La variedad Cerro Prieto fue superior a la Centinela y la Numar no se pudo diferenciar de estas dos. En este periodo de almacenamiento las variedades Numar y Centinela mostraron pérdida de viabilidad por los efectos del alto contenido de humedad de la semilla. Todas las semillas de las variedades de cebada presentaron porcentajes de invasión por hongos de almacén que van de 71% en la variedad Numar, hasta 99% en la variedad Cerro Prieto (Tabla 4). A los 60 días de almacenamiento (Tabla 4), la prueba de Duncan mostró nuevamente que las variedades Porvenir y Tlaxcala fueron iguales entre sí y superiores a las demás variedades. Por otra parte, las variedades Centinela y Cerro Prieto fueron iguales entre sí y superiores a la variedad Numar, que fue la que presentó el promedio de germinación más bajo. En cuanto a la invasión de las semillas por hongos de almacén, se encontró que fue muy similar a la observada a los 30 días de almacenamiento (Tabla 4), la prueba de Duncan mostró que las variedades Porvenir y Tlaxcala resultaron iguales entre sí y superiores a las demás variedades; por su parte, la variedad Centinela fue superior a las variedades Cerro Prieto y Numar, las cuales fueron iguales entre sí, presentando los promedios de germinación más bajos. Ninguna de las variedades presentó un promedio de germinación superior al 85% requerido para la elaboración de malta. La invasión de la semilla por hongos se mantuvo entre 84 y 98% en las diferentes variedades (Tabla 4).

Los resultados del almacenamiento de semilla de cebada en esta humedad relativa, muestran que las variedades Porvenir y Tlaxcala fueron las más tolerantes a perder su viabilidad, mientras que las variedades Centinela y Numar fueron las más afectadas por las condiciones de almacenamiento.

Bajo estas condiciones de almacenamiento, alta humedad relativa y temperatura de 26°C, desde los 30 días de almacenamiento se observó una fuerte invasión de las semillas por los hongos del almacén y prácticamente todas las variedades tuvieron altos porcentajes de invasión por hongos, de 71 a 100%, durante los 90 días de la prueba de almacenamiento. Es importante hacer notar que el porcentaje de invasión en la variedad Tlaxcala fue mayor que en la variedad Numar, y no obstante esto la germinación siempre fue mayor en la variedad Tlaxcala; por lo que se supone que la pérdida de viabilidad de la semilla de cebada se debe más a la acción de procesos inherentes a las semillas que al efecto de los hongos de almacén.

Aparentemente las semillas de cebada son más tolerantes a la acción nociva de los hongos de almacén que las semillas de maíz y los resultados de este trabajo, en relación con los obtenidos por Moreno *et al.* (1981, 1982, 1984) muestran esa diferencia que existe entre maíz y cebada, en cuanto al mantenimiento de la viabilidad de las semillas bajo condiciones de humedad y temperatura que

favorecen su deterioro fisiológico, así como el desarrollo de los hongos y en particular al efecto que éstos tienen sobre dicho fenómeno.

Las variedades Tlaxcala y Porvenir fueron las que tuvieron el mejor comportamiento bajo las tres condiciones de humedad probadas.

LITERATURA CITADA

- ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYST, 1981. Rules for Testing Seeds. *Journal of Seed Technology*. 6 (2): 125.
- 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.
- HAFERKAMP, M. E., L. SMITH y R. A. NILAN, 1953. Studies on aged seeds. I. Relation of age seed to germination and longevity. *Agron. Jour.* 45: 434-437.
- MORENO, M. E. y C. M. CHRISTENSEN, 1972. Efecto de la humedad sobre la viabilidad del maíz almacenado. *Rev. Lat. Amer. Microbiol.* 12: 115-121.
- , y G. VIDAL, 1981. Preserving the viability of stored maize seed with fungicides. *Plant Disease* 65: 260-261.
- , G. J. RAMÍREZ, M. MENDOZA y G. VALENCIA, 1982. Efecto de fungicidas sobre la conservación de semilla de maíz previamente invadida con hongos de bodegaje. *Turri- alba* 32 (2): 97-101.
- , y G. J. RAMÍREZ, 1984. Protective effect of fungicides on corn seed stored with low and high moisture content. *Seed Science and Technology* (en prensa).
- PAPAVIZAS, G. C. y C. M. CHRISTENSEN, 1960. Effect of invasion by individual species and mixtures of species of *Aspergillus* upon germination and development of discolored germs in wheat. *Cereal Chemistry*, 37 (2): 197-203.
- QASEM, S. A. y C. M. CHRISTENSEN, 1958. Influence of moisture content, temperature and time of the deterioration of stored corn by fungi. *Phytopathology* 48: 544-549.
- SÁNCHEZ R., E. MORENO y M. ZENTENO, 1971. Estudios sobre almacenamiento de semilla de soya de la variedad tropicana. *Bol. Soc. Mex. Mic.* 5: 47-55.
- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE, 1976. *Grain equipment, Manual GR 916-6*. Federal Grain Inspection Service, Standardization Division, Richards Geabayer, A. F. B., Kansas City, MO.
- WINSTON, P. W. y D. H. BATES, 1960. Saturated solutions for the control of humidity in biological research. *Ecology* 41: 232-237.

TABLA 1

CONTENIDO DE HUMEDAD Y GERMINACIÓN INICIAL DE LAS SEMILLAS DE 5 VARIEDADES DE CEBADA

<i>Variedad</i>	<i>Contenido* de humedad (%)</i>	<i>Germinación** (%)</i>
Tlaxcala	3.3	100
Cerro Prieto	10.0	99
Porvenir	9.6	99
Numar	8.9	95
Centinela	9.7	89

* Promedio de cuatro repeticiones de 10 g cada una.

** Promedio de cuatro repeticiones de 100 semillas cada una.

TABLA 2
GERMINACIÓN* Y MICROFLORA DE LAS SEMILLAS DE CINCO VARIEDADES DE CEBADA ALMACENADAS 180 DÍAS EN UNA HUMEDAD RELATIVA DE 75% A 26°C

Variedad	% germinación 60 días	% de semillas invadidas por A. glaucus	% germinación 120 días	% de semillas invadidas por A. glaucus	% germinación 180 días	% de semillas invadidas por A. glaucus
Tlaxcala	96 a	68	91 a	72	55 a	71
Porvenir	96 a	36	92 a	38	44 b	47
Numar	80 b	52	84 b	60	46 b	67
Centinela	85 c	69	76 c	65	38 b	63
Cerro Prieto	88 bc	72	50 d	70	14 c	69

* Promedio de ocho repeticiones de 100 semillas cada una. Números con letras diferentes son significativamente diferentes ($P=0.05$; contraste de Duncan).

NOTA: El contenido de humedad de las semillas durante los 180 días de almacenamiento se mantuvo entre 14.0 y 14.9%

TABLA 3

GERMINACIÓN* Y MICOFLORA DE LAS SEMILLAS DE CINCO VARIEDADES DE CEBADA ALMACENADAS 120 DÍAS EN UNA HUMEDAD RELATIVA DE 80% A 20°C

Variedad	% germinación 40 días	% de semillas invadidas por A. glaucus	% germinación 80 días	% de semillas invadidas por A. glaucus	% germinación 180 días	% de semillas invadidas por A. glaucus
Tlaxcala	97 ab	87	90 a	93	77 a	96
Porvenir	98 a	87	89 a	99	62 b	76
Numar	86 c	66	76 b	80	58 b	85
Centinela	83 c	86	71 c	90	49 c	77
Cerro Prieto	93 b	81	61 d	99	29 d	77

* Promedio de ocho repeticiones de 100 semillas cada una. Números con letras diferentes son significativamente diferentes ($P=0.05$; contraste de Duncan).

NOTA: El contenido de humedad de las semillas durante los 120 días de almacenamiento se mantuvo entre 15.0 y 16.0%.

TABLA 4

GERMINACIÓN* Y MICROFLORA DE LAS SEMILLAS DE CINCO VARIEDADES DE CEBADA ALMACENADAS 90 DÍAS EN UNA HUMEDAD RELATIVA DE 85% A 26°C

Variedad	% germinación 30 días	% de semillas invadidas por A. glaucus	% germinación 60 días	% de semillas invadidas por A. glaucus	% germinación 90 días	% de semillas invadidas por A. glaucus
Tlaxcala	90 a	97	83 a	92	82 a	95
Porvenir	93 a	98	88 a	100	82 a	98
Cerro Prieto	85 b	99	72 b	93	57 c	94
Centinelá	80 c	98	77 b	98	66 b	98
Numar	81 bc	71	62 c	73	57 c	84

* Promedio de ocho repeticiones de 100 semillas cada una. Números con letras diferentes son significativamente diferentes ($P=0.05$; contraste de Duncan).

NOTA: El contenido de humedad de las semillas durante los 90 días de almacenamiento se mantuvo entre 16.9 y 17.5%.