

EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LÍNEAS, CRUZAS SIMPLES Y DOBLES DE MAÍZ PARA ZONAS TROPICALES BAJO CONDICIONES ADVERSAS DE ALMACENAMIENTO*

RAÚL GUTIÉRREZ-LOMBARDO**

ERNESTO MORENO-MARTÍNEZ***

REGINO MORONES-REZA****

RESUMEN

Se almacenaron líneas, cruas simples y dobles de maíces, recomendados para áreas tropicales, con un contenido de humedad aproximado de 17% y una temperatura de 25°C.

Durante el período de almacenamiento periódicamente se muestreó el maíz para determinar su porcentaje de germinación. El análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas entre líneas, entre cruas simples y entre cruas dobles, respecto a su capacidad de mantener su viabilidad.

De acuerdo a su comportamiento durante el almacenamiento, las líneas, cruas simples y dobles, fueron clasificadas como resistentes, intermedias y susceptibles. Se considera que los factores que definen el comportamiento de los maíces son inherentes, ya que todos los maíces fueron sembrados, cultivados y cosechados bajo las mismas condiciones.

ABSTRACT

Lines, single and double crosses of maize of three commercial hybrids for tropical areas were stored with a moisture content about 17% and 25° C.

During the storage period, germination tests were carried out periodically. The statistical analysis showed significant differences between lines, between single crosses and between double crosses respect to the conservation of the viability. According to the behavior of the maize during the storage period the lines, single and double crosses were classified as resistsants, intermediates and susceptibles. The behavior of the maize during the storage period is considered inherent, since all the lines, single and doble crosses were grown and handled under the same ecological conditions.

INTRODUCCIÓN

El efecto deletéreo de los hongos del almacén, *Aspergillus* spp. y *Penicillium* spp. así como de la alta humedad y temperatura de almacenamiento sobre la

* Parte de este trabajo fue presentado por el primer Autor como tesis para obtener el Título de Biólogo. Facultad de Ciencias, UNAM. Manuscrito recibido el 19 de enero de 1978.

** Facultad de Ciencias, UNAM.

*** Instituto de Biología, UNAM.

**** Departamento de Ingeniería, UAAAN.

viabilidad de la semilla de maíz, ha sido perfectamente establecido en diferentes investigaciones. Por ejemplo, Christensen (1964) almacenó semillas de maíz libres de hongos de almacén, las que mantuvieron su alto poder germinativo, casi 100% durante más de 90 días, a contenidos de humedad de 16-17 por ciento, y por 150-160 días a contenidos de humedad de 15-16% y a temperaturas de 20-25°C. En cambio, maíz que fue inoculado con una mezcla de hongos del almacén, germinó de 20 a 25% en tan sólo tres meses, bajo condiciones similares de almacenamiento (Qasem y Christensen, 1958). Moreno y Christensen (1970) almacenaron muestras de maíz, tanto no inoculadas como inoculadas con hongos del almacén, a contenidos de humedad de 16.7-17.3%; al término de 10 semanas la semilla inoculada tuvo una germinación de 6% y la no inoculada germinó 98%, después de 12 semanas de almacenamiento. El mismo efecto nocivo de estos hongos ha sido observado en otras semillas, Fields y King (1962) almacenaron semilla de chícharo libre de hongos de almacén, la cual conservó un alto poder germinativo, 97%, cuando fue almacenada durante 6 meses en una humedad relativa de 85% y a temperatura de 30°C; mientras que muestras inoculadas con diversas especies de hongos y almacenadas bajo las mismas condiciones, perdieron totalmente su poder germinativo en un periodo de 3 a 8 meses. Además de afectar la viabilidad de las semillas, algunos de estos hongos son capaces de producir metabolitos que son tóxicos tanto para el hombre, como para los animales domésticos (Christensen, 1975).

Actualmente el único método práctico de combatir el deterioro de los granos y semillas, debido a la acción de alta humedad, temperatura y hongos, es almacenar los granos y semillas con bajos contenidos de humedad y/o a bajas temperaturas. En las áreas tropicales del mundo en donde el maíz es un alimento básico, no existen instalaciones adecuadas para su secado y almacenamiento, por lo que la formación de variedades e híbridos resistentes a condiciones adversas de almacenamiento sería de gran valor.

El presente trabajo se realizó con el objeto de seleccionar líneas de maíz, de origen tropical, "resistentes" y "susceptibles" a condiciones adversas de almacenamiento, alta humedad y temperatura, con las que se realizarán estudios de heredabilidad, así como fisiológicos que ayuden a entender el fenómeno de "resistencia" que se ha observado en algunos maíces (Moreno y Christensen, 1971) y además para corroborar la variabilidad que existe entre maíces en relación con la conservación de su viabilidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Maíz. Para realizar este trabajo se utilizaron las líneas, cruza simples y dobles de tres híbridos comerciales recomendados para alturas de 0 a 1,000 msnm, siendo éstos: H-412, H-503 y H-507.

Con las líneas puras se formaron todas las cruza simples y a partir de cruza simples ya existentes, se formaron las cruza dobles o híbridos comerciales. Las líneas se incrementaron mediante cruza fraternales. Todas estas operaciones se

realizaron en un mismo ciclo agrícola, en el campo de la Productora Nacional de Semillas en Tepalcingo, Morelos, lo que permitió su evaluación comparativa bajo condiciones adversas de almacenamiento. La cosecha se efectuó cuando la semilla tenía un contenido de humedad aproximado al 25%; las mazorcas fueron secadas al sol hasta alcanzar un contenido de humedad alrededor del 12%.

La semilla se trató con Malathion en polvo al 4%, con una dosis de 60 ppm, para evitar el desarrollo de insectos del almacén. La germinación al inicio de la prueba de almacenamiento fue de 91 a 100%. El porcentaje inicial de semillas invadidas por hongos fue muy bajo, presentando solamente el 2% de semillas invadidas por *Aspergillus glaucus*. Lo anterior se determinó sembrando de 50 semillas de cada maíz, superficialmente desinfectadas con hipoclorito de sodio, en medio de maltasal-agar, conteniendo el 6% de cloruro de sodio.

Pruebas de germinación. La germinación de la semilla de maíz se determinó de acuerdo a la metodología señalada por la International Seed Testing Association (1966).

Determinación del contenido de humedad. El contenido de humedad de la semilla se determinó mediante el secado de muestras en estufa, 103°C durante 72 horas, expresándose el porcentaje de humedad en base a peso húmedo.

Almacenamiento de las semillas. Todos los maíces fueron almacenados a 25°C con un contenido de humedad inicial de 16.6-17.1%. La humedad se ajustó mediante la adición de agua (Harein y Soderstrom, 1966). Se almacenaron dos kilogramos de cada maíz, líneas, cruza simples y dobles en bolsas de polietileno, en cuatro repeticiones de 500 g cada una, que se mantuvieron abiertas en contacto con una humedad relativa de 85%, para lo cual las bolsas se colocaron en cajas de plástico conteniendo una solución sobresaturada de cloruro de potasio para mantener una humedad relativa de 85% (Wink y Sears, 1950), lo cual permitió mantener el contenido de humedad favorable para el desarrollo de los hongos y para la actividad de los procesos fisiológicos de la semilla.

Muestreo. Considerando que las líneas son genotipos más débiles para resistir condiciones adversas, éstas se muestrearon cada 15 días, tornándose en cada muestreo cien semillas de cada repetición para determinar germinación. Se realizaron cinco muestreos de 0, 15, 30, 45 y 60 días. En cambio en el caso de las cruza simples y dobles, que en general resisten más las condiciones adversas, se muestrearon cada 30 días, tomando en cada muestreo cien semillas de cada repetición para la determinación de la germinación. Se hicieron cinco muestreos a 0, 30, 60, 90 y 120 días. Los resultados obtenidos se analizaron como factoriales, siendo un factor los diferentes maíces y el otro los periodos de almacenamiento, en un diseño completamente al azar.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las germinaciones, durante el periodo de almacenamiento, de las líneas, cruza simples y dobles de maíz se muestran en las tablas 1, 2 y 3.

11.

TABLA 1

Porciento de germinación de líneas de maíz para altitudes de 0 a 1000 msnm, almacenadas en una humedad relativa de 85% y a 25°C.*

L	í	n	e	a	s	Períodos de almacenamiento o muestreos (días)						Significancia estadística (Scheffe, 0.05)
						0	15	30	45	60	$\bar{X}$	
					T15	99	95	91	70	60	83	
					T16	100	97	91	72	53	83	
					T13	100	98	89	76	50	83	
					T3	99	96	80	69	51	79	
					T12	98	96	76	62	54	77	
					T14	100	97	80	54	39	74	
					T11	98	95	67	42	39	68	
					T2	100	92	50	40	26	62	
					T7	99	82	55	37	24	59	
					T6	91	78	45	25	24	53	

*Cada cifra es promedio de cuatro repeticiones de 100 semillas cada una.

TABLA 2

12.

Porciento de germinación de cruza simples de maíz para altitudes de 0 a 1000 msnm, almacenadas en una humedad relativa de 85% y a 25°C.*

Cruzas Simples	Períodos de almacenamiento o muestreos (días)						Significancia estadística (Scheffe 0.05)
	0	30	60	90	120	$\bar{X}$	
T15 x T16	100	95	72	54	35	71	
T11 x T12	100	86	64	37	18	61	
T13 x T14	98	92	52	31	8	56	
T2 x T3	99	72	18	0	0	38	
T6 x T7	100	45	25	5	2	35	

*Cada cifra es promedio de cuatro repeticiones de 100 semillas cada una.

13.

TABLA 3

Porciento de germinación de cruzas dobles de maíz para altitudes de 0 a 1000 msnm, almacenadas en una humedad relativa de 85% y a 25°C.*

Cruzas	Dobles	Períodos de almacenamiento o muestreos (días)						$\bar{X}$	Significancia estadística (Scheffe 0.05)
		0	30	60	90	120			
(T13 x T14) x (T15 x T16)		99	97	38	28	12	55		
(T2 x T3) x (T11 x T12)		100	64	32	24	19	48		
(T2 x T3) x (T6 x T7)		100	63	33	8	4	42		

*Cada cifra es promedio de cuatro repeticiones de cien semillas cada una.

El análisis estadístico señaló que existen diferencias altamente significativas entre líneas, entre cruza simples, así como entre cruza dobles, en cuanto a la conservación de su poder germinativo. También se observó que existen diferencias altamente significativas entre periodos de almacenamiento, esto último era esperado, ya que a mayor tiempo de almacenamiento, el vigor y la viabilidad normalmente se ven reducidos.

En los análisis de varianza y pruebas de Scheffe para cada grupo de maíces —líneas, cruza simples y dobles— se utilizaron los datos de germinación de todos los muestreos, con el objeto de tener el comportamiento general de los maíces a través del periodo de almacenamiento. Por otra parte, también se realizaron análisis de varianza y pruebas de Scheffe tomando en consideración únicamente el último muestreo, obteniéndose prácticamente los mismos resultados. Se consideró más adecuado evaluar los maíces en relación con su comportamiento general, es decir a través de su almacenamiento y no solamente con el comportamiento del último muestreo.

Con el objeto de poder seleccionar líneas resistentes y susceptibles para futuras investigaciones tendientes a obtener información sobre la heredabilidad y naturaleza de la resistencia, se procedió a clasificar a los maíces en resistentes, intermedios y susceptibles bajo el siguiente criterio.

A los 60 días de almacenamiento, periodo en el que coincidió el muestreo de todos los maíces —líneas, cruza simples y dobles—, ya se habían manifestado diferencias en el poder germinativo de las semillas, se promediaron para cada maíz los porcentajes de germinación de los muestreos de 0 a 60 días y con base a esos promedios, se procedió a realizar la clasificación. Se consideraron como resistentes a aquellos maíces cuya germinación promedio fue de 76% o mayor; como intermedios a los que germinaron entre 65 y 75% y susceptibles a los que tuvieron una germinación de 64% o menos (Tabla 4). Los resultados obtenidos a los 60 días de almacenamiento concuerdan con los obtenidos al final del experimento, lo cual se aprecia en el agrupamiento de los maíces de acuerdo a la prueba estadística de Scheffe, Tablas 1, 2 y 3.

Con objeto de apreciar en forma gráfica el comportamiento de los maíces “resistentes”, “intermedios” y “susceptibles”, clasificados con base al criterio señalado, se ajustaron ecuaciones polinomiales para los diferentes maíces, lo cual se puede observar en las figuras 1, 2 y 3.

Los resultados presentados en este trabajo, corroboran lo observado por Moreno y Christensen (1971), señalando que existen líneas, cruza simples y dobles de maíz, que presentan diferentes comportamientos cuando son almacenadas bajo condiciones que favorecen su rápido deterioro biológico y además indican que tales diferencias son inherentes y no debidas a diferencias en el cultivo, cosecha y manejo de la semilla, ya que todas fueron cultivadas y manejadas bajo las mismas condiciones ecológicas.

La humedad durante el almacenamiento fluctuó entre 16.6-18.2%. La humedad y temperatura con que se almacenaron los diferentes maíces, favorecieron el deterioro fisiológico normal de las semillas, deterioro que siempre es acelerado por la acción de los hongos que crecen bajo esas condiciones de humedad y tempe-

TABLA 4

14.

Clasificación de líneas, cruzas simples y dobles de maíz como "resistentes", "intermedias" y "susceptibles" en base a su promedio de germinación hasta los 60 días de almacenamiento*

Clasificación	Rango de germinación (%)	M a f c e s
Susceptibles	0-64	Líneas: T2, T7, T6 Cruzas simples: T2 x T3, T6 x T7 Cruzas dobles: no hubo
Intermedios	65-75	Líneas: T14, T11. Cruzas simples: no hubo Cruzas dobles: (T2 x T3) x (T11 x T12), (T2 x T3) x (T6 x T7)
Resistentes	76-100	Líneas: T15, T16, T13, T3 T12 Cruzas simples: T15 x T16, T11 x T12, T13 x T14 Cruzas dobles: (T13 x T14) x (T15 x T16)

* En las figuras 1, 2 y 3 se puede observar a través de todo el período de almacenamiento, el comportamiento que tuvieron los maíces clasificados como "susceptibles", "intermedios" y "resistentes" con los datos de germinación a los 60 días de almacenamiento.

Fig. 1 Comportamiento de líneas de maíz clasificadas, como resistentes, intermedias y susceptibles, en un período de 60 días de almacenamiento.

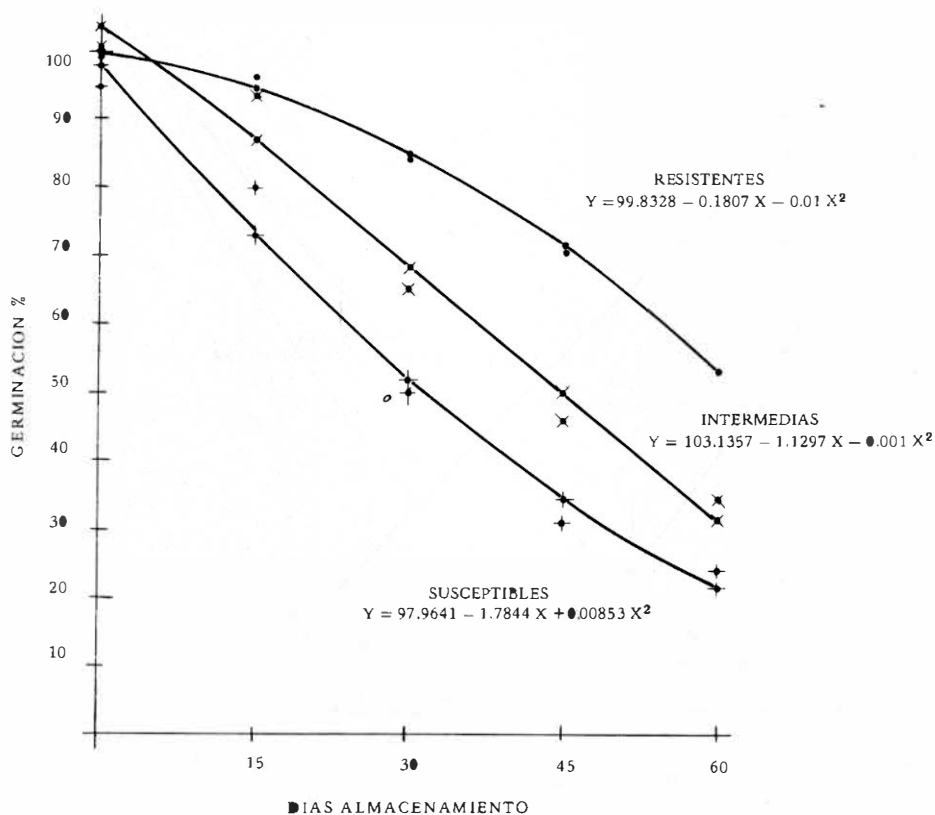


Fig. 2 Comportamiento de cruza simples de maíz, clasificadas como resistentes y susceptibles, en un periodo de 120 días de almacenamiento.

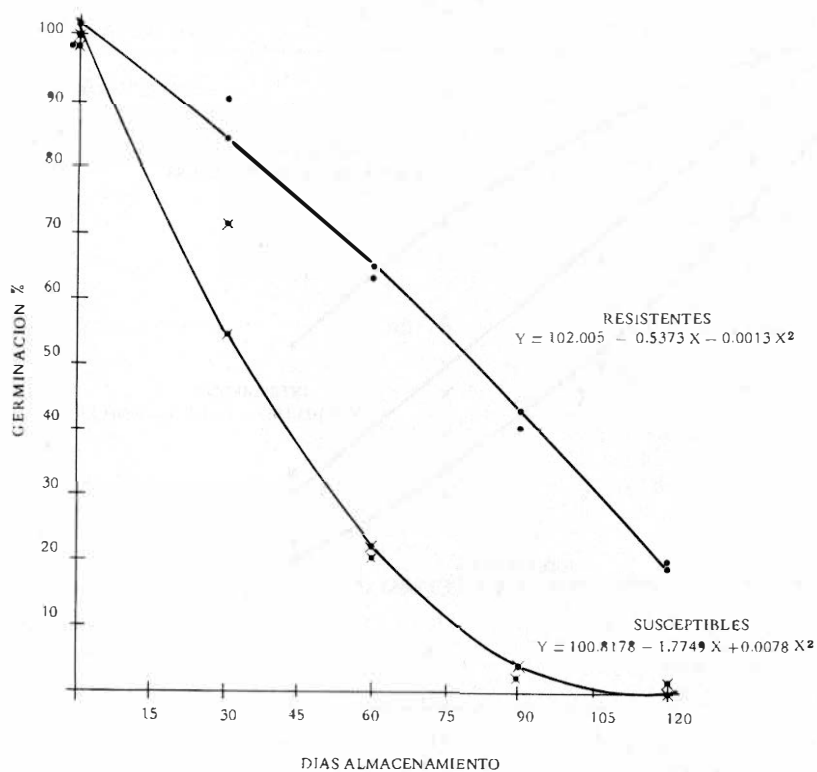
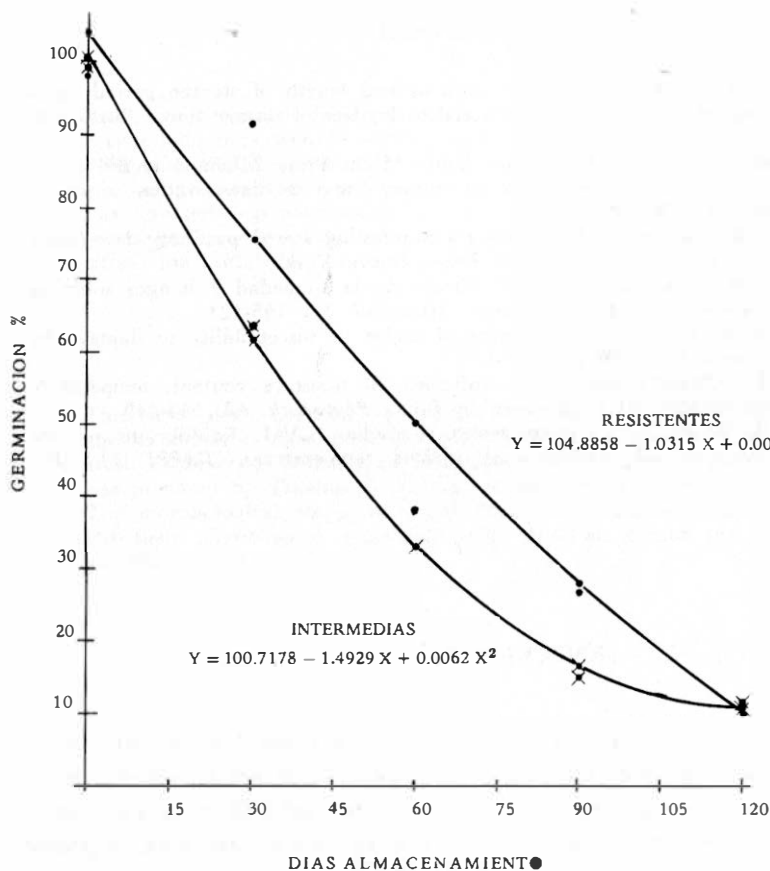


Fig. 3 Comportamiento de cruza dobles de maíz, clasificadas como resistentes e intermedias, en un período de 120 días de almacenamiento.



ratura. El 100% de las semillas fue invadido por *Aspergillus glaucus*, *A. candidus* y *A. flavus*, principalmente.

Con las líneas seleccionadas como "resistentes" y "susceptibles", se realizarán estudios de heredabilidad y otros relacionados con la posible obtención de híbridos o variedad resistentes a perder la viabilidad bajo condiciones adversas de almacenamiento. Los resultados aquí obtenidos, con maíces del Trópico, son también válidos para maíces adaptados a otras condiciones ecológicas, ya que este comportamiento también ha sido observado en maíces para alturas de 1,000 a 1,900 msnm.

LITERATURA CITADA

- CHRISTENSEN, C. M., 1964. Effect of moisture content and length of storage period upon germination percentage of seeds of corn wheat, and barley free of storage fungi. *Phytopath.* 54: 1464-1466.
- , 1975. *Molds, mushrooms, and mycotoxins*. Univ. Minn. Press. Mineápolis, 264 p.
- FIELDS, R. W. y T. H. KING, 1962. Influence of storage fungi on deterioration of stored pea seed. *Phytopath.* 52: 336-339.
- HAREIN, K. P. y E. L. SODERSTROM, 1966. Coleoptera infesting stored products. In: *Insect colonization and mass production*. Academic Press. Nueva York.
- MORENO M., E. y C. M. CHRISTENSEN, 1970. Efecto de la humedad y hongos sobre la viabilidad de maíz almacenado. *Rev. lat.-amer. Microbiol.* 12: 155-121.
- , 1971. Differences among lines and varieties of maize in susceptibility to damage by storage fungi. *Phytopath.* 61: 1498-1500.
- QASEM, S. A. y C. M. CHRISTENSEN, 1958. Influence of moisture content, temperature and time on the deterioration of stored corn by fungi. *Phytopath.* 48: 544-549.
- WINK, W. A. y G. R. SEARS, 1950. Instrumentation studies. LVII. Equilibrium relative humidities above saturated salt solutions at various temperatures. *TAPPI* 33 (9): 96A-99A.