

CALIDAD FÍSICA Y FISIOLÓGICA DE SEMILLA DE MAÍZ CRIOLLO ALMACENADA EN SILO METÁLICO Y CON MÉTODOS TRADICIONALES EN OAXACA, MÉXICO

PHYSICAL AND PHYSIOLOGICAL SEED QUALITY OF MAIZE LANDRACES STORED IN METALIC SILO AND WITH TRADITIONAL METHODS IN OAXACA, MÉXICO

Irma Manuel Rosas¹, Abel Gil Muñoz^{1*}, Benito Ramírez Valverde¹, J. Hilario Hernández Salgado¹ y Mauricio Bellon²

¹Programa en Estrategias para el Desarrollo Agrícola Regional, Colegio de Postgraduados-Campus Puebla. Km. 125.5 Carr. Federal México-Puebla, Col. La Libertad. 72120, Puebla, Puebla. Tel. 01(222) 285-0013. Fax: 01(222) 285-1444. ² Instituto Internacional de Recursos Genéticos. Via dei Tre Denari 472/a 00057, Maccarese, Roma, Italia.

*Autor para correspondencia (gila@colpos.mx)

RESUMEN

Un problema importante para los agricultores de los Valles Centrales de Oaxaca en México son las pérdidas de semillas o granos de maíz (*Zea mays* L.) causadas por plagas durante el almacenamiento. Para determinar la utilidad que ha tenido el uso de un recipiente hermético (silo) respecto a dos métodos tradicionales, se diseñó un experimento para monitorear durante nueve meses la calidad física y fisiológica de la semilla almacenada. El estudio se condujo en dos localidades y dos sitios por localidad, con seis tratamientos resultantes de las combinaciones de tres métodos de almacenamiento (mazorca amontonada, tenate y silo metálico) y dos tipos de maíz (negro y blanco). Se hicieron muestreos cada tres meses, para los análisis físico y de calidad fisiológica. El mejor método de almacenamiento en función de la calidad fue el silo metálico, pues mantuvo a la semilla más seca (11.2 % de humedad), con más pureza (98.2 %) y menos daños (5.3 % de semillas dañadas), en todos los muestreos. El silo también tuvo los porcentajes más altos de germinación (82.8 %) y de emergencia en cama de arena (84.7 % a los 14 d). Entre variedades hubo diferencias en porcentaje de germinación y de emergencia a 7 d, a favor del maíz negro. Los métodos tradicionales de almacenamiento (mazorca amontonada y tenate) permitieron conservar aceptablemente el maíz solamente hasta por tres meses. Se concluye que el empleo del silo metálico ha constituido una solución adecuada en la región, para reducir las pérdidas de semilla o grano durante el almacenamiento de maíz.

Palabras clave: *Zea mays*, almacenamiento, calidad física, calidad fisiológica, variedades nativas.

SUMMARY

The post-harvest seed losses caused by pests during maize (*Zea mays* L.) storage are an important concern for farmers in the Central Valleys of Oaxaca, México. To assess the utility of a hermetic container (metallic silo), it was compared with two traditional methods, regarding the physical and physiological quality of the stored seed during nine months. The study was performed in two locations and two sites per location, with six treatments resulting from the combinations of three storage methods (piled ears, tenate and silo) and two

maize types (black and white). Seed samples were taken every three months for assessing physical and physiological quality. The best storage method in terms of seed quality was the metallic silo, since it maintained the driest (11.2 % moisture content), purest (98.2 %) and least undamaged seed (5.3 % of damaged seeds) in all sampling dates. The silo also kept the highest percentages of seed germination (82.8 %) and of seedling emergence on sand bed (84.7 % at 14 d). Among varieties, the black maize type was better than the white type on percentage of germination and emergence at 7 d. The traditional storage methods (piled ears and tenate) acceptably preserved maize for three months only. It is concluded that using the silo has been an adequate solution in the region to diminish the losses of seed or grain during maize storage.

Index words: *Zea mays*, storage, physical quality, physiological quality, landraces.

INTRODUCCIÓN

Los Valles Centrales de Oaxaca en México están integrados por 121 municipios de la zona centro del estado, y abarcan una extensión de 876 236 ha, de las cuales aproximadamente 60 % se destinan a la actividad agrícola (Álvarez, 2003). El cultivo más importante es maíz (*Zea mays* L.), con 141 089 ha en promedio de los últimos cinco años; más de 85 % se cultiva en condiciones de temporal o secano (INEGI, 2000-2004), y en 98 % de la superficie se emplean variedades criollas (Smale *et al.*, 1998). Los agricultores son minifundistas, con menos de 3 ha en promedio, fraccionadas en varias parcelas (INEGI, 1997). El rendimiento promedio es de 0.86 t ha⁻¹, y 70 % de la producción se destina al autoconsumo, para la alimentación de la familia y los animales, o como semilla (INEGI, 2000-2004).

El almacenamiento de la cosecha de maíz se efectúa en igual forma cuando se destina al consumo o a semilla, en lugares como la troje, un cuarto o el corredor de la casa. Hay tres variantes en el almacenamiento: 1) Como mazorca apilada a la intemperie (la más común); 2) Como mazorca guardada en contenedores (costales de yute o plástico, bolsas de plástico, canastos tejidos con carrizo (*Gynerium* spp) o en tenates (cestos tejidos con palma, *Brahea dulcis*); y 3) Como maíz desgranado en costales, bolsas, botes metálicos o sacas (costales tejidos con palma) de diferentes capacidades (Smale *et al.*, 1998).

En 1997 los agricultores de la región manifestaron que un problema grave para el manejo y conservación de sus maíces eran las plagas de almacén, con pérdidas de 50 % en la producción (M. Bellon, Com. Personal)¹. Por ello, entre los años 2000 y 2001 el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) promovieron el uso del silo metálico (Figura 1) para almacenar la cosecha, un recipiente hermético que ya era empleado en la comunidad de San Agustín Amatengo, Ejutla y que tenía un costo accesible. La obtención de los silos estuvo coordinada por el CIMMYT, institución que apoyó a 37 agricultores interesados para adquirir sus recipientes a crédito.



Figura 1. Silos metálicos empleados para almacenar maíz en algunas regiones de los Valles Centrales de Oaxaca. De izquierda a derecha se muestran los de 100, 200 y 1000 kg de capacidad.

El almacenamiento adecuado permite asegurar la conservación de alimento y semilla hasta la siguiente cosecha y, cuando es el caso, guardar el producto hasta que el pre-

cio de venta sea conveniente (Oti-Boateng y Battcock, 1998). La cosecha debe almacenarse de tal forma que: a) No se deteriore su calidad; b) No se reduzca involuntariamente su cantidad; y c) Se disponga de ella en el momento y la cantidad necesarios (FAO, 1985). Lo anterior puede lograrse si se controla la humedad del grano, la humedad relativa y la temperatura del ambiente (Serna, 1996), ya que estos factores son determinantes para la conservación de granos y semillas. Otros aspectos a cuidar son la condición del grano, pues el daño físico lo hace más propenso a hongos e insectos, y el tiempo de almacenamiento, ya que a mayor duración hay menor probabilidad de conservación (Moreno, 1994).

En México no existen estadísticas precisas del nivel de pérdidas postcosecha en granos y semillas; se han estimado pérdidas de 20 a 30 % en el Altiplano y de hasta 60 % en el trópico húmedo (Torres, 1995). No obstante, los factores adversos a la preservación de las cosechas pueden ser aminorados con tecnologías simples pero adecuadas, como es el caso de los silos metálicos herméticos (Moreno, 1995).

Con la finalidad de estudiar la calidad física y fisiológica de semillas de maíz criollo almacenadas en silos metálicos y en dos métodos tradicionales de almacenamiento, se realizó el presente trabajo en la región de los Valles Centrales de Oaxaca.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se condujo entre mayo del 2003 y febrero del 2004, en dos localidades de los Valles Centrales de Oaxaca: San Pablo Huitzo (17° 16' LN y 96° 53' LO) del Municipio de Etla, y Santa Ana Zegache (16° 50' LN y 96° 44' LO) del Municipio de Ocotlán (INEGI, 2003), cuyos climas son ACw para Huitzo y BSih para Zegache (Arellanes, 1996). Dado que no existen datos específicos de las variaciones térmicas y de humedad, durante el desarrollo del experimento se midió temperatura mínima, máxima y humedad relativa, y se obtuvieron los siguientes datos: en Huitzo, 9 a 29 °C; 23 a 39 °C y 39 a 100 %, y en Zegache, 7 a 26 °C, 26 a 35 °C y 40 a 98 %, respectivamente. Los datos se registraron semanalmente con un higrotermómetro análogo marca Cole-Parmer®, modelo 03310-40, colocado en una pared de los galpones donde se ubicaron los experimentos.

En cada localidad (LOC), se eligieron dos casas de agricultores cooperantes, en las que se instalaron seis tratamientos, generados de la combinación de dos factores: a) Métodos de almacenamiento (MET), con tres modalidades: mazorca amontonada (MAZA), semilla en tenate (TENATE) y semilla en recipiente hermético (SILO), y b)

¹ Mauricio R. Bellon. Director. Diversity for Livelihoods Programme. International Plant Genetic Resources Institute.

Variedades nativas (VAR), de dos tipos: azul intenso (NEGRO) y blanco (BLANCO), los cuales representaron a semilla con endospermo harinoso y cristalino respectivamente. Los experimentos se ubicaron en galrones techados, anexos a las casas y destinados al almacenamiento de maíz. Cada casa se consideró una repetición del experimento en cada localidad. El maíz usado en el estudio provino de la cosecha del ciclo agrícola 2002 en Santa Ana, Zegache; la porción usada para semilla fue seleccionada por el agricultor. Se utilizaron 20 kg por tratamiento.

Durante el almacenamiento de nueve meses se tomaron muestras de 1 kg al inicio del estudio (0 meses), y posteriormente de 2 kg cada tres meses. Las muestras se obtuvieron a mano en los métodos SILO y TENATE; en el primero se extrajo a través de las aberturas superior e inferior del recipiente, y en el segundo se tomaron varios puñados a diferentes profundidades del contenedor. En el método MAZA se tomaron mazorcas al azar de la parte superior, media e inferior del montón. En total se hicieron tres muestreos, pues a finales del noveno mes, los tratamientos que involucraron MAZA estaban completamente dañados por plagas, y algo similar comenzaba a ocurrir con los de TENATE; adicionalmente, para esta fecha ya había llegado la nueva cosecha a casa de los agricultores. En cada muestreo se evaluaron las siguientes variables.

Calidad física. Se cuantificó el contenido de humedad (CH) con un determinador de humedad marca Dole, modelo 400. Posteriormente se hizo el análisis de pureza (AP), con base en las normas de la ISTA (1999), excepto en cuanto al peso de la muestra de trabajo, que en este caso fue de 1 kg. La muestra se separó en sus componentes: semilla pura, otras semillas y materia inerte, y los resultados se reportaron en porcentaje de semilla pura (PSP). Finalmente, de la fracción de semilla pura se tomaron 100 semillas al azar, se sumergieron en agua durante 24 h y en semillas individuales se midió el daño causado por insectos (Besnier, 1989). Los resultados se expresaron en porcentaje de semillas dañadas (PSD).

Calidad fisiológica. Se evaluó mediante las pruebas de germinación (GE) y de emergencia en cama de arena (ECA). Aunque no estrictamente, para la primer prueba se tomaron como referencia las normas de la ISTA (1999); se usó el método “entre papel” enrollado, con toallas de papel Sanitas® humedecidas, y cuatro repeticiones de 100 semillas tomadas al azar, distribuidas en cuatro subrepeticiones de 25 unidades. Los “tacos” (toallas enrolladas) que contuvieron las semillas se colocaron en bolsas de plástico y éstas en posición vertical dentro de una germinadora a 25 ± 1 °C. La evaluación se hizo a los 7 d y los resultados se reportaron en porcentaje de germinación (PGE). Para la prueba ECA se sembraron cuatro repeticiones de

100 semillas por tratamiento, dispuestas en un diseño experimental de bloques completos al azar. La siembra se efectuó en semilleros de concreto de 10 m x 1.0 m, con arena esterilizada como sustrato. La parcela útil quedó constituida por dos surcos de 1.0 m de largo, separados a 5 cm entre sí. Cada surco tuvo 50 semillas, separadas a 2 cm y sembradas a una profundidad uniforme de 2 cm. Se aplicó riego al momento de la siembra, y después cada tercer día. Los semilleros se cubrieron todo el día con un invernadero móvil tipo “túnel”, hecho con estructura metálica y cubierta de polietileno. La cantidad de plántulas emergidas a los 7 d (PECA7) y 14 d (PECA14) se expresaron en porcentaje.

Las variables fueron sometidas a un análisis de varianza combinado y a una prueba de comparación de medias de Tukey ($\alpha = 0.05$), mediante el programa Statistical Analysis System for Windows versión 6.12 (SAS, 1996). Debido a que la mayor parte de los valores de PSP, PSD, PGE, PECA7 y PECA14 se ubicaron dentro del intervalo en el cual la transformación arco seno no produce cambios importantes en los resultados (Snedecor y Cochran, 1989), se decidió trabajar con los datos sin transformar.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores iniciales de humedad de la semilla y los porcentajes de pureza y de semillas dañadas de cada variedad, fueron: 11.0, 93.6 y 1.0 % para la de color blanco, y 11.4, 99.9 y 3.0 % para la de color negro. En cuanto a los porcentajes de germinación y de emergencia en arena a los 7 y 14 d, los datos fueron: 94.5, 93.3 y 93.3 % para la semilla blanca, y 99.0, 95.3 y 95.8 % para la negra. Entre tipos de maíz hubo diferencias significativas en PSP y PGE (Cuadro 1), a favor de la semilla negra; en contenido de humedad y germinabilidad, ambos tipos de semilla mostraron buenos niveles de calidad, según las normas del Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS) (Flores, 2004).

Calidad física

En el contenido de humedad sólo los métodos de almacenamiento causaron diferencias estadísticas (Cuadro 2). La semilla almacenada en silo fue la que mantuvo los valores más bajos de humedad en las tres fechas (Figura 2), y en el sexto mes fue igualada por la del método mazorca amontonada. El comportamiento promedio de humedad relativa, temperatura mínima y máxima fue el siguiente: en Huitzo, 70.0, 79.5 y 74.8 %; 18.8, 15.5 y 12.3 °C; 30.5, 35.3 y 34.2 °C respectivamente, y en Zegache, 72.4, 79.4 y 64.8 %; 19.5, 20.6 y 10.6 °C; 31.8, 31.4 y 32.6 °C respectivamente. Es decir, aun cuando la humedad relativa registrada en ambas localidades fue alta y que la

Cuadro 1. Grados de libertad (gl) y cuadrados medios para contenido de humedad, porcentaje de semillas puras (PSP), de semillas dañadas (PSD), de germinación (PGE) y de emergencia a los 7 (PECA7) y 14 d (PECA14), en dos variedades. Valles Centrales, Oaxaca, 2003-2004.

Fuente de Variación	gl	Cuadrados medios					
		CH	PSP	PSD	PGE	PECA7	PECA14
Variedades	1	ns	**	ns	*	ns	ns
Error	6	0.4	2.5	3.3	3.8	2.9	2.6
CV (%)		5.6	1.7	91.3	2.0	1.8	1.7

* = $P \leq 0.05$, ** = $P \leq 0.01$; CV = Coeficiente de variación.

Cuadro 2. Grados de libertad (gl) y significancia de cuadrados medios (CM) por fuente de variación y fecha de muestreo para el contenido de humedad de la semilla (CH). Valles Centrales, Oaxaca, 2003-2004.

Fuente de Variación	Tercer mes		Sexto mes		Noveno mes	
	gl	CM	gl	CM	gl	CM
Localidad (L)	1	*	1	ns	1	ns
Repetición/Localidad	2	ns	2	ns	2	ns
Método (M)	2	**	2	**	1	*
Variedad (V)	1	ns	1	ns	1	ns
MxV	2	ns	2	ns	1	ns
LxM	2	ns	2	ns	1	ns
LxV	1	ns	1	ns	1	ns
LxMxV	2	ns	2	ns	1	ns
Error	10	0.1	9	0.2	4	0.1
CV (%)		2.4		3.6		2.9

* = $P \leq 0.05$; ** = $P \leq 0.01$; CV = Coeficiente de variación.

temperatura fluctuó de manera importante, los tres métodos de almacenamiento mantuvieron la humedad de la semilla por debajo del valor recomendado para almacenar grano o semilla de maíz (13.5 %), según Besnier (1989) y Oti-Boateng y Battcock (1998).

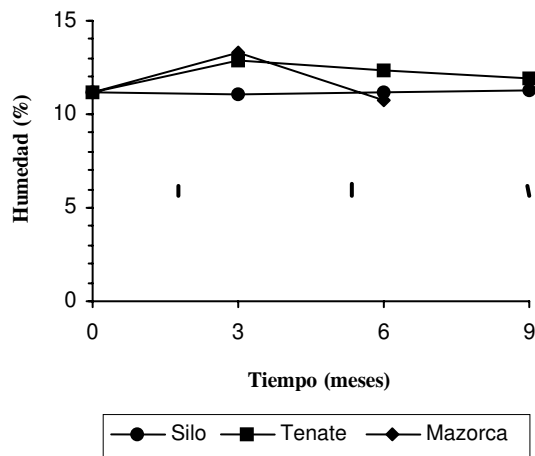


Figura 2. Contenido de humedad de la semilla de maíz almacenada en tres métodos. Valles Centrales, Oaxaca, 2003-2004. Las barras verticales representan la DSH para la comparación de medias (Tukey, 0.05).

El método de almacenamiento causó efecto significativo en las magnitudes de pureza y semillas dañadas, en los tres muestreos (Cuadro 3). La semilla almacenada como mazorca amontonada fue la que alcanzó la pureza más alta (99.5 %) a los tres meses, pero para el sexto y noveno mes fue superada por la semilla guardada en silo y tenate (Figura 2A). En semillas dañadas, las provenientes del silo fueron las que mantuvieron los valores más bajos (< 7 %) a los tres, seis y nueve meses (Figura 3B).

En los Valles Centrales de Oaxaca se requiere almacenar la semilla por al menos siete meses, que es el periodo entre las fechas más extendidas de cosecha y siembra (principios de noviembre y mediados de junio, respectivamente) (Mendoza, Com. personal)². Por ello es importante contar con un método que permita conservar la semilla en condiciones óptimas durante ese tiempo. En este sentido, se observó que aun cuando la semilla almacenada en tenate mantuvo una alta pureza hasta por seis meses, no resultó ser un método efectivo para protegerla por más de tres meses contra plagas de almacén, particularmente de *Sitophilus* spp., *Sitotroga cerealella*, *Prostephanus truncatus*, y roedores, como lo evidencian los altos valores de semilla dañada registrados a partir de ese muestreo (Figura 3B). El

² Mendoza González Jorge. 2000. Participación de la mujer en la selección de semilla de maíz en los Valles Centrales de Oaxaca. Tesis de Licenciatura. UNAM-FES Cuautitlán. Cuautitlán, Méx. 57 p.

almacenamiento en mazorca amontonada resultó ser el método de conservación menos favorable, pues a partir de los tres meses registró un aumento significativo en semillas dañadas, con respecto a los otros dos métodos, y a partir del sexto mes su semilla fue la que tuvo la pureza más baja y los porcentajes más altos de daño (Figura 3).

La FAO (1985) y Oti-Boateng y Battcock (1998) señalaron que aún cuando existen diversos métodos tradicionales para almacenar maíz, éstos llegan a ser insuficientes para proteger el grano, ya sea porque el tipo de estructura de almacenamiento permite que se desarrollen plagas, o bien, porque las condiciones del clima no ayudan al buen secado y permiten la proliferación de plagas. El almacenar en silo tiene como ventaja prevenir el ingreso de insectos y roedores al recipiente, propiciar la muerte de insectos por falta de oxígeno al interior del contenedor e impedir el in-

tercambio de humedad entre el ambiente y el grano (Bessier, 1989; Oti-Boateng y Battcock, 1998).

Debido a que en la región el maíz almacenado generalmente cumple un doble propósito, ser empleado como grano y como semilla (Smale *et al.*, 1998), es importante disponer de un método que permita mantener la pureza y bajos valores de semilla dañada y de contenido de humedad por periodos mayores de nueve meses. Los presentes resultados apoyan el empleo del silo metálico para almacenar maíz, ya que reduce las pérdidas durante ese tiempo. Según Moreno (1995), en los sistemas poscosecha de países en desarrollo las pérdidas se elevan hasta 30 %, particularmente cuando no se usan agroquímicos. Torres (1995) agrega que en México las pérdidas poscosecha afectan a los granos y a las semillas para siembra.

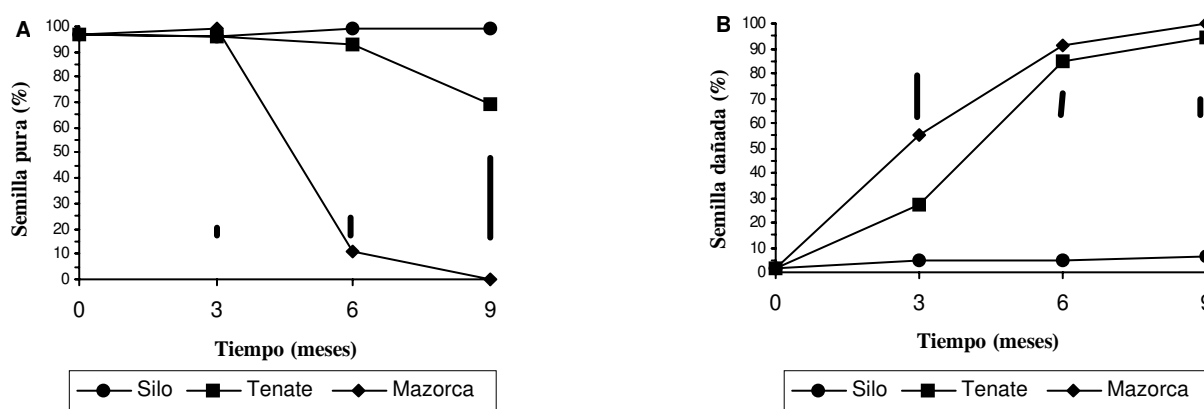


Figura 3. Porcentaje de semilla pura (A) y de semillas dañadas (B) del maíz almacenado en tres métodos. Valles Centrales, Oaxaca, 2003-2004. Las barras verticales representan la diferencia significativa honesta para la comparación de medias (Tukey, 0.05).

Cuadro 3. Grados de libertad (gl) y significancia de cuadrados medios (CM) por fuente de variación y fecha de muestreo para porcentaje de semilla pura (PSP) y dañada (PSD). Valles Centrales, Oaxaca, 2003-2004.

Fuente de variación	gl	Tercer mes	Sexto mes	Noveno mes	Tercer mes	Sexto mes	Noveno mes
		CM PSP	CM PSP	CM PSP	CM PSD	CM PSD	CM PSD
Localidad (L)	1	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Repetición/Localidad	2	ns	*	ns	*	ns	ns
Método (M)	2	*	**	**	**	**	**
Variedad (V)	1	ns	ns	ns	ns	ns	ns
MxV	2	ns	ns	ns	ns	ns	ns
LxM	2	ns	ns	ns	*	ns	ns
LxV	1	ns	ns	ns	ns	ns	ns
LxMxV	2	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Error	10	5.1	24.5	590.3	141.2	29.8	11.0
CV (%)		2.3	7.3	43.2	40.9	9.0	4.9

* = $P \leq 0.05$, ** = $P \leq 0.01$; CV = Coeficiente de variación.

Calidad fisiológica

En germinación hubo efectos altamente significativos del método de almacenamiento en todos los muestreos (Cuadro 4): también hubo significancia estadística para variedades y para la interacción método x variedad al tercero y noveno mes, para localidades y localidad x variedad al tercer mes, y para localidad x método al sexto mes. A través del tiempo (Figura 4A), la semilla almacenada en silo fue la que registró la mayor germinabilidad durante el experimento, con un promedio de 86.2 %; en contraste, en tenate y mazorca amontonada la germinación cayó por debajo de 40 % apenas transcurridos seis meses, debido a que el material ya había sufrido un daño considerable por plagas (Figura 3B). Ello implica que la semilla almacenada con los métodos tradicionales no sería apta para siembra, pues su germinabilidad sería inferior al estándar establecido por el SNICS, que es de 85 % (Flores, 2004).

En relación con el comportamiento de las variedades, ambas disminuyeron su germinabilidad con el transcurso del tiempo (Figura 4B); pero al tomar como referencia los valores iniciales, la disminución fue más marcada en la semilla de color blanco que en la negra, particularmente a los tres y nueve meses, lo que confirma las diferencias varietales detectadas en el muestreo inicial. Al respecto, Besnier (1989) ha señalado que la velocidad de deterioro de un lote de semilla estará en función, entre otros aspectos, de su calidad inicial: lotes con alto poder germinativo, elevado vigor, buena sanidad y sin daños mecánicos, envejecerán más lentamente que los de menor calidad. Es probable que diferencias intrínsecas, propias de las variedades, hayan resultado en un mejor comportamiento de la semilla negra con respecto a la blanca; Terrazas y Velázquez (Com. personal)³ afirmaron que las variedades pigmentadas presentan un mejor comportamiento en variables asociadas a calidad fisiológica que las de grano blanco.

En concordancia con estos resultados, la mejor combinación método x variedad fue la de almacenamiento en silo de la variedad negra, con germinaciones de 84.1 % a los 3 meses, y 89.5 % a los nueve meses (Figura 5A). La diferencia observada entre localidades a los tres meses se debió a que la germinación promedio en Zegache (64.7 %) fue más alta que la de Huitzo (59.5 %) (Figura 5B), aunque ambos sitios fueron similares en humedad relativa y temperaturas mínima y máxima promedio durante los primeros tres meses (72.4 %, 19.5 °C y 31.8 °C en Zegache, y 70.0 %, 18.8 °C y 30.5 °C en Huitzo). En la interacción

localidad x variedad (Figura 6A), la mejor combinación a los tres meses fue el sitio Zegache con la variedad negra, con una germinación de 78.8 %, que es congruente con el comportamiento observado en localidad y color de semilla en este mismo muestreo. En la interacción localidad x método (Figura 6B) al sexto mes, las mejores combinaciones fueron las que involucraron al silo metálico en ambos sitios, con germinaciones entre 94 y 95.3 %, que superan a las restantes combinaciones y confirman las tendencias observadas entre métodos.

En la emergencia en cama de arena medida a los 7 d (Cuadro 5) hubo diferencias significativas en los tres muestreos para métodos de almacenamiento y para las interacciones localidad x método y método x variedad, a los 3 y 6 meses. Al tercer mes hubo diferencias en variedades, localidades, localidad x variedad y en la triple interacción localidad x método x variedad. En la emergencia a los 14 d, los resultados fueron similares (Cuadro 5). Dado que agronómicamente es más útil el dato del momento en que se alcanza una población constante, se discutirán preponderantemente los datos de emergencia a los 14 d.

De los tres métodos estudiados, el de silo metálico fue el que logró mantener los mayores valores ($P \leq 0.05$) de emergencia durante el almacenamiento (Figura 7A); a los 3 y 9 meses fueron superiores a 90 % y más próximos al valor inicial (94.6 %, en promedio). En cambio, para la semilla guardada en tenate o mazorca, aun cuando mantuvo valores de 85 % a los tres meses, en los muestreos subsecuentes mostró un descenso marcado (Figura 7A). El mejor comportamiento de la semilla proveniente del silo se explica por su mayor calidad física, ya que tuvo los valores menores de contenido de humedad y de daños, y los más altos de pureza, en todos los muestreos (Figuras 2 y 3). Ello se atribuye a que el grano guardado en condiciones de hermeticidad está protegido de agentes climáticos y bióticos, por lo que se deteriora menos que con los métodos tradicionales (Moreno, 1995). La disminución registrada a los seis meses presuntamente se debió a los daños ocasionados por una helada que ocurrió en el lugar donde se desarrolló la prueba de emergencia en arena.

A través de localidades (Figura 7B), las muestras provenientes de Zegache fueron las que tuvieron valores estadísticamente más altos de emergencia que las provenientes de Huitzo. Ello se atribuye al hecho de que en Huitzo hubo más semanas (26 de 40) con humedades relativas iguales o mayores a 70 % que en Zegache (22 de 40), pues como señaló Moreno (1995), con 70 % de humedad relativa

³ Terrazas Juárez Catalina, Luis Velázquez López. 2002. Calidad fisiológica en semillas de maíz de las partes altas del Valle de Puebla. Tesis de Licenciatura. ITA No. 29. Xocoyucan, Tlaxcala. 114 p.

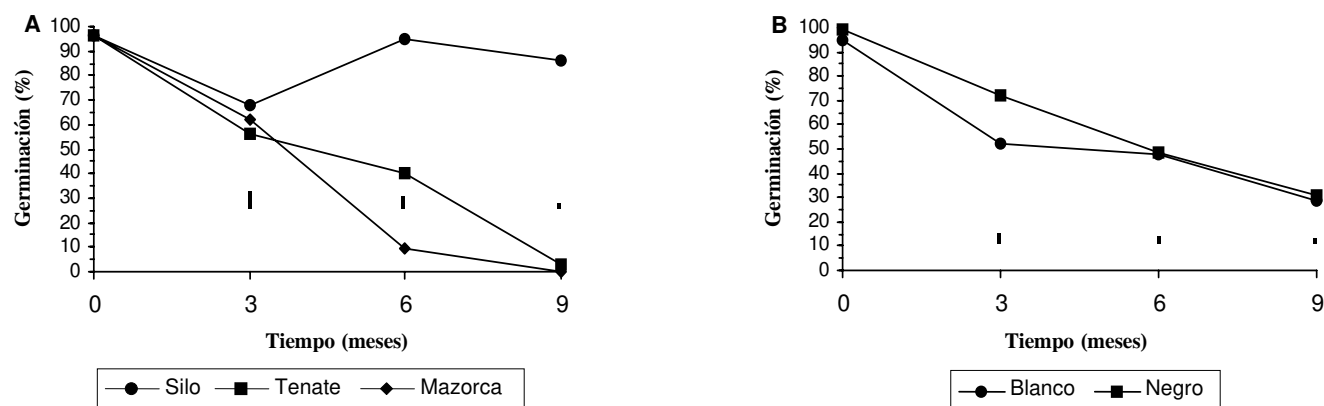


Figura 4. Porcentaje de germinación por método de almacenamiento (A) y por variedad (B). Valles Centrales, Oaxaca, 2003-2004. Las barras verticales representan la diferencia significativa honesta para la comparación de medias (Tukey, 0.05).

Cuadro 4. Grados de libertad (gl) y significancia de cuadrados medios (CM) por fuente de variación y fecha de muestreo para porcentaje de germinación (PGE). Valles Centrales, Oaxaca, 2003-2004.

Fuente de variación	gl	Tercer mes	Sexto mes	Noveno mes
		CM PGE	CM PGE	CM PGE
Localidad (L)	1	*	ns	ns
Repetición/Localidad	14	ns	ns	ns
Método (M)	2	**	**	**
Variedad (V)	1	**	ns	*
MxV	2	**	ns	*
LxM	2	ns	**	ns
LxV	1	**	ns	ns
LxMxV	2	ns	ns	ns
Error	70	146.8	59.9	28.7
CV (%)		19.5	16.2	18.0

* = $P \leq 0.05$, ** = $P \leq 0.01$; CV = Coeficiente de variación.

Cuadro 5. Grados de libertad (gl) y significancia de cuadrados medios (CM) por fuente de variación y fecha de muestreo para porcentaje de emergencia en cama de arena a los 7 (PECA7) y 14 d (PECA14). Valles Centrales, Oaxaca, 2003-2004.

Fuente de variación	gl	Tercer mes	Sexto mes	Noveno mes	Tercer mes	Sexto mes	Noveno mes
		CM PECA7	CM PECA7	CM PECA7	CM PECA14	CM PECA14	CM PECA14
Localidad (L)	1	**	ns	ns	**	*	*
Repetición/Localidad	14	ns	**	ns	ns	**	ns
Método (M)	2	**	**	**	**	**	**
Variedad (V)	1	**	ns	ns	ns	ns	ns
MxV	2	**	**	ns	**	ns	ns
LxM	2	**	**	**	**	**	**
LxV	1	**	ns	ns	**	ns	ns
LxMxV	2	**	ns	ns	**	ns	ns
Error	70	70.3	64.5	95.4	68.7	104.6	34.4
CV (%)		10.3	37.3	30.7	9.4	25.3	17.4

* = $P \leq 0.05$, ** = $P \leq 0.01$; CV = Coeficiente de variación.

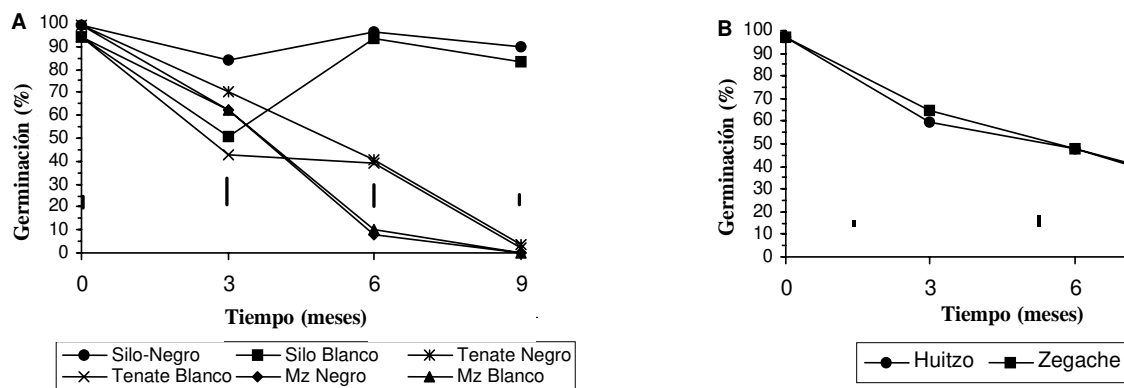


Figura 5. Porcentaje de germinación para la interacción método x variedad (A) y por localidad (B). Valles Centrales, Oaxaca, 2003-2004. Las barras verticales representan la diferencia significativa honesta para la comparación de medias (Tukey, 0.05).

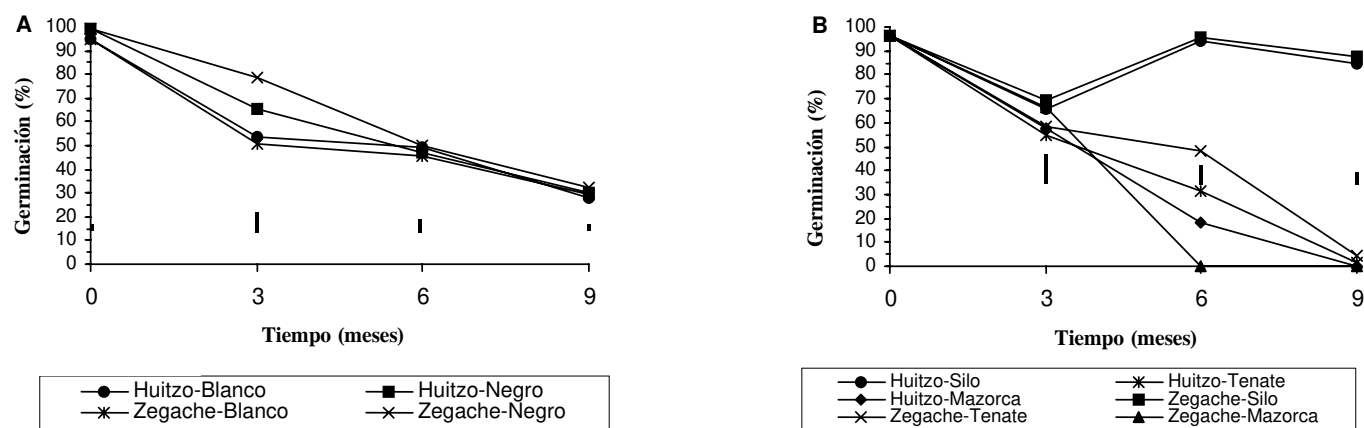


Figura 6. Porcentaje de germinación para la interacción localidad x variedad (A) y localidad x método (B). Valles Centrales, Oaxaca, 2003-2004. Las barras verticales representan la diferencia significativa honesta para la comparación de medias (Tukey, 0.05).

pueden desarrollarse insectos como *Sitophilus zeamais* y *S. granarius*, que son los que más deterioro causan en el maíz almacenado.

Las combinaciones método x variedad sobresalientes a los tres meses en emergencia, fueron SILO x BLANCO, SILO x NEGRO y MAZORCA x NEGRO (Figura 8A), lo que nuevamente confirma al silo como un método adecuado para almacenar semilla por más de 3 meses, aunque para la variedad de semilla negra el método de mazorca también resultó adecuado para un periodo de hasta 3 meses. Para la interacción localidad x variedad (Figura 8B), a los tres meses las mejores combinaciones fueron Zegache x BLANCO y Huitzo x NEGRO, con 92 y 90.8 % de emergencia respectivamente. Las únicas combinaciones que fueron estadísticamente inferiores a los tres meses, porque

tuvieron emergencias menores de 85 %, fueron Zegache x TENATE x NEGRO y Huitzo x MAZORCA x BLANCO.

En resumen, los métodos tradicionales de almacenamiento (mazorca amontonada y tenate) permitieron conservar en condiciones relativamente aceptables el maíz por periodos de hasta tres meses, pero no fueron los mejores para obtener semilla de alta calidad física y fisiológica, ni los más convenientes para mantener el producto de la cosecha durante periodos más prolongados. Este último aspecto cobra particular importancia en la región donde se desarrolló la investigación, pues la familia campesina debe subsistir con lo almacenado por al menos 12 meses, que es el periodo mínimo que debe transcurrir entre cosechas consecutivas bajo temporal. Es decir, el silo representa la opción más conveniente para el almacenamiento de maíz, al mantener la calidad del cariósipide durante lapsos prolongados.

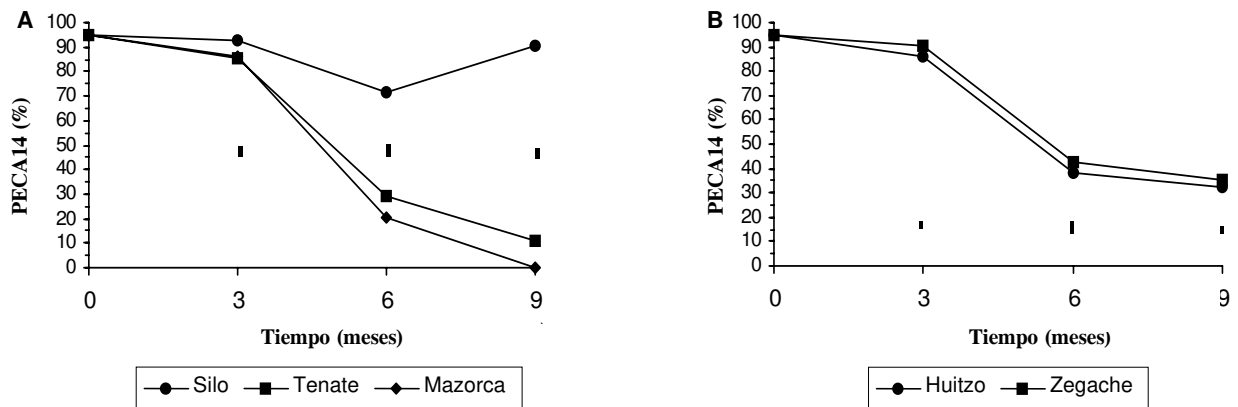


Figura 7. Porcentaje de emergencia en cama de arena a 14 días (PECA14) por método de almacenamiento (A) y localidad (B). Valles Centrales, Oaxaca, 2003-2004. Las barras verticales representan la diferencia significativa honesta para la comparación de medias (Tukey, 0.05).

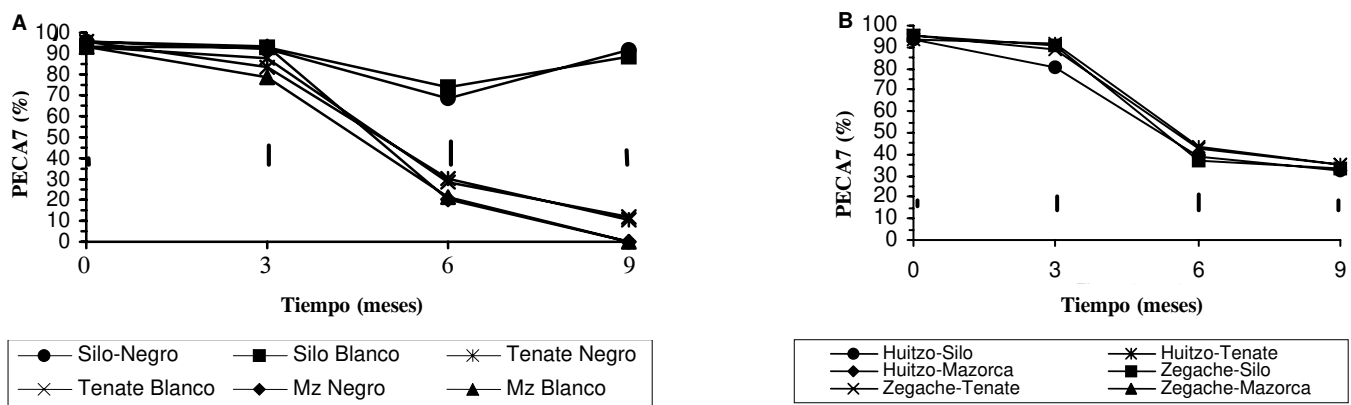


Figura 8. Porcentaje de emergencia en cama de arena a 14 días (PECA14) para la interacción método x variedad (A) y localidad x variedad (B). Valles Centrales, Oaxaca, 2003-2004. Las barras verticales representan la diferencia significativa honesta para la comparación de medias (Tukey, 0.05).

CONCLUSIONES

El maíz almacenado en silo mantuvo los niveles más altos de calidad física y fisiológica durante nueve meses, y superó al guardado en los métodos tradicionales de almacenamiento. El uso del silo metálico para almacenar maíz ha sido una solución adecuada para reducir las pérdidas de maíz en los Valles Centrales de Oaxaca.

AGRADECIMIENTOS

Al Programa Internacional de Becas de Postgrado en México de la Fundación Ford-CIESAS y a la Fundación Produce Oaxaca, A. C., por el apoyo económico a la realización de este proyecto. Un particular agradecimiento a todos los agricultores involucrados en la investigación, por

los apoyos proporcionados para el buen desarrollo de este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez L R (2003) Geografía General del Estado de Oaxaca. Cuarta Ed. Carteles Editores. Oaxaca, México. 485 p.
- Arellanes M A (1996) Geografía y Ecología del Estado de Oaxaca. Carteles Editores. Oaxaca, México. 108 p.
- Besnier R F (1989) Semillas, Biología y Tecnología. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 637 p.
- FAO (1985) Prevención de Pérdidas de Alimentos Pos cosecha. Manual de Capacitación No. 10. Roma, Italia. 128 p.
- Flores H A (2004) Introducción a la Tecnología de las Semillas. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 160 p.
- INEGI (1997) El Maíz en el Estado de Oaxaca. INEGI. Aguascalientes, Ags. México. 62 p.

- INEGI (2000-2004)** Anuarios Estadísticos del Estado de Oaxaca. Tomos II. INEGI. Aguascalientes, Ags. México (388, 429, 439, 521 y 606 p, respectivamente)
- International Seed Testing Association (1999)** International rules for seed testing. *Seed Sci. Technol.* 27:11-175.
- Moreno M E (1994)** Almacenamiento y conservación de granos básicos: el maíz. *In: El Agua y la Energía en la Cadena Alimentaria: Granos Básicos.* M Bauer, I Chong, E Moreno, J Quintanilla, F Torres (comps). UNAM. México, D. F. pp:273-289.
- Moreno M E (1995)** Almacenamiento y conservación de granos en el medio rural. *In: El Sistema Poscosecha de Granos en el Nivel Rural: Problemática y Propuestas.* E Moreno, F Torres, I Chong (eds). Programa Universitario de Alimentos. UNAM. México, D. F. pp:247-261.
- Oti-Boateng P, M Battcock (1998)** Libro de Consulta sobre Tecnologías Aplicadas al Ciclo Alimentario: Técnicas de Almacenado. C Ruiz de S (trad). Intermediate Technology Development Group-Perú. Lima, Perú. 50 p.
- SAS Institute Inc. (1996)** The SAS System for Windows. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA.
- Serna S S R O (1996)** Química, Almacenamiento e Industrialización de los Cereales. AGT Editor, S. A. México, D. F. 521 p.
- Smale M, A Aguirre, M Bellon, J Mendoza, I Manuel R (1998)** Farmer Management of Maize Diversity in the Central Valleys of Oaxaca, Mexico. CIMMYT Economics Working Paper 99-09. CIMMYT. México D.F. 27 p.
- Snedecor G W, W G Cochran (1989)** Statistical Methods. 8th ed. Iowa State Univ. Press. Ames, IA. 503 p.
- Torres T F (1995)** El sistema poscosecha y la alimentación nacional. *In: El Sistema Poscosecha de Granos en el Nivel Rural: Problemática y Propuestas.* E Moreno, F Torres, I Chong (eds). Programa Universitario de Alimentos UNAM. México, D. F. pp:181-200.