

## PRUEBAS DE ENVEJECIMIENTO ACELERADO EN SEMILLAS DE MAÍZ (*Zea mays L.*) DE DIFERENTES BASES GENÉTICAS\*

Test of accelerated aging on corn (*Zea mays L.*) seeds from different genetic bases

Pedro Salazar<sup>1</sup>, Abidilitza Trejo<sup>1</sup> y Luz Marina Hernández<sup>1</sup>

### RESUMEN

La velocidad del deterioro de la calidad genética y fisiológica de las semillas depende de las condiciones ambientales y de la constitución genética. Con la finalidad de evaluar el envejecimiento (deterioro) de semillas de maíz (en la UNELLEZ-Guanare), se realizó a nueve cultivares, una prueba de germinación estándar (0 h de deterioro), luego, muestras similares se colocaron en cámara de envejecimiento acelerado por 24 y 48 h a 40 °C y 100 % HR, e inmediatamente se ejecutó la prueba de germinación. Las mediciones se colectaron a los ocho días después de la siembra. El análisis estadístico se realizó para un modelo de arreglo factorial 9x3 en bloques al azar con cuatro repeticiones. Los cultivares fueron: variedades (Choro, Criollo amarillo e INIA 15), híbridos (P-30R92, Himeca 92, NB-7340 y ECB-4377) y líneas (CML-45 y CLO-2450). Parámetros evaluados: Altura de plántula (AT), porcentaje de germinación (%G), longitud radical (LR), peso seco de la parte aérea (PSPA/p) y radical (PSPR/p). Para todos los parámetros los cultivares respondieron de manera diferente ( $P < 0,01$ ) al igual que para los tiempos de envejecimiento; solo hubo interacción ( $P < 0,01$ ) para tiempo de envejecimiento (TE) x %G y TE x PSPR/p. El envejecimiento a las 48 h, comparado con la prueba de germinación estándar, disminuyó el %G promedio desde 84,3 % hasta 71,7 % y la LR desde 23,5 hasta 20,5 cm. La pérdida del %G fue más uniforme en las variedades (entre 6,0 y 8,5 %), en los híbridos fue muy variable (entre +2,5 y -23,0 %) con promedio de 7,8 %. Las líneas fueron más sensibles, perdieron 24,5 %G. El híbrido Himeca presentó mayor resistencia al deterioro de la semilla.

**Palabras clave:** envejecimiento acelerado, semillas, cultivares de maíz, germinación.

---

(\*) Recibido: 19-10-2007

Aceptado: 21-11-2007

<sup>1</sup> Programa Ciencias del Agro y del Mar. UNELLEZ-Guanare. 3350 Po. Venezuela.

---

## ABSTRACT

The speed of deterioration of the genetic and physiologic quality of seeds depends on the environmental conditions and its genetic constitution. With the purpose of evaluating the aging (deterioration) of seeds of nine cultivars of corn (at UNELLEZ-Guanare), initially a test of standard germination (0 h of deterioration) was carried out, then, similar samples were placed in accelerated aging camera for 24 and 48 h at 40°C and 100 % HR, and immediately a germination test was carried out. The data was collected eight days after planting time. The statistical analysis was carried out for a model of factorial arrangement 9x3 in blocks at random with four replicates. The cultivars were: varieties (Choro, yellow Creole and INIA 15), hybrid (P-30R92, Himeca 92, NB-7340 and ECB-4377) and lines (CML-45 and CLO-2450). Evaluated parameters: young plant height (AT), germination percentage (% G), radical longitude (LR), dry weigh of the air (PSPA/p) and radical part (PSPR/p). For all the parameters the cultivars responded in a different way ( $P<0.01$ ) the same as for the times of aging; only there was interaction ( $P<0.01$ ) for time of aging (TE) x %G and TE x PSPR/p. The 48h aging, compared with the test of standard germination, diminished the %G average from 84.3 % until 71.7 % and the LR from 23.5 up to 20.5 cm. The loss of the %G was more uniform in the varieties (between 6.0 and 8.5%), in the hybrid ones it was very variable (between +2.5 and -23.0 %) with average of 7.8 %. The lines were more sensitive, they lost 24.5 %G. The hybrid Himeca presented higher resistance to the deterioration of the seed.

**Key words:** accelerated aging, seeds, cultivates of corn, germination.

---

## INTRODUCCIÓN

Actualmente la alimentación de la humanidad sigue dependiendo casi exclusivamente de los vegetales (directa o indirectamente). La demanda creciente de alimentos y la exigencia por parte de los productores de sembrar cultivares cada vez más rendidores, ha hecho que a través del mejoramiento genético de plantas, se ofrezcan continuamente materiales de alto potencial productivo y tolerantes a determinados factores bióticos y abióticos. Esto evidencia que la semilla es un insumo fundamental en los sistemas de producción.

El manejo agronómico que los productores ofrecen a cultivos como el maíz, cada vez es más eficiente, por lo que esperan que cada semilla sembrada origine una planta productiva, en resumen, demandan semillas de calidad. Esta calidad debe ser genética, con patrimonio hereditario superior, y fisiológica, con buena acumulación de materia seca, sin daños mecánicos, y poco tiempo de almacenamiento para que esté en su máximo nivel de expresión.

La adaptabilidad o sobrevivencia de cultivares de maíz se asocia con la base genética de éstos y

como a medida que transcurre el tiempo, el proceso de deterioro fisiológico de las semillas se acentúa, en este trabajo se utilizaron pruebas de envejecimiento acelerado para comparar ese deterioro en semillas de líneas, híbridos y variedades. Se evaluaron parámetros asociados con el vigor, tales como porcentaje de germinación, altura de plántula, longitud radical, peso seco de la parte aérea y radical/planta.

## REVISIÓN DE LITERATURA

La definición más generalizada de semilla, es que es un óvulo fertilizado y maduro. En las angiospermas se presenta la doble fecundación. El cigoto diploide ( $2n$ ) se forma cuando un núcleo espermático fecunda al núcleo ovular y el endospermo que es triploide ( $3n$ ) se origina por la unión de un segundo núcleo espermático con dos núcleos haploides del gametofito femenino. Ocurre la doble fecundación, el cigoto experimenta sucesivas divisiones mitóticas para formar el embrión, el núcleo triploide también se divide para formar el endospermo. El conjunto de embrión, endospermo y pared del macrosporangio o cubierta seminal, constituye la semilla (Puertas 1999).

También las semillas son responsables de la sobrevivencia de la especie al contener los genes de las plantas de poblaciones futuras y por lo tanto también son medio de dispersión.

Cuando la semilla alcanza la madurez fisiológica, también está en su nivel fisiológico óptimo. Esta

calidad fisiológica comienza a disminuir a una velocidad variable, pero inexorable, que depende de las condiciones de almacenamiento. Alta humedad relativa y altas temperaturas son muy desfavorables. Rodríguez (1989) expuso que la pérdida de germinación de semillas en proceso de deterioro, es una de las últimas consecuencias; porque previamente se suceden cambios fisiológicos, bioquímicos y físicos como degradación de membranas, disminución de la respiración y biosíntesis, disminución de la tasa de germinación, crecimiento y desarrollo, desuniformidad, menor resistencia de las plántulas y finalmente pierde la germinación.

En el proceso de germinación se resumen tres fases: **Hidratación**, absorción intensa de agua por los diferentes tejidos de la semilla, se incrementa proporcionalmente la respiración. **Germinación**, se producen transformaciones metabólicas, necesarias para el correcto desarrollo de la plántula; la absorción de agua disminuye considerablemente. **Fase de crecimiento**, la absorción de agua se incrementa, la actividad metabólica es intensa, se inicia el crecimiento de la plántula y la movilización de las sustancias de reserva –las contenidas en el endospermo- (Bieto y Talón 1993)

Las pruebas de envejecimiento acelerado son pruebas de vigor de semillas, consisten en someterlas a condiciones de alta temperatura ( $40-45\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) y alta humedad relativa (100%) hasta por 10 días, seguido de la prueba de germinación estándar (Rodríguez 1989).

## MATERIALES Y MÉTODOS

Cultivares evaluados: Variedades, Choro (1), Criollo amarillo (2), INIA-15(3); Híbridos: P-30R92 (4), Himeca 92 (5), NB-7340 (6), ECB-4377 (7) y Líneas: CML-451 (8), CLO-2450 (9).

El trabajo se realizó entre julio y agosto de 2006 en las instalaciones de la UNELLEZ en Mesa de Cavacas, Guanare, Portuguesa, a 160 msnm, 25,8 °C y 79% de HR promedio. Se instalaron tres experimentos como bloques al azar, cada uno de cuatro repeticiones y nueve cultivares, la unidad experimental fue de 50 semillas. Se emplearon cuatro bandejas de vidrio (65x60x3 cm). Se utilizó arreglo factorial de tratamientos 9x3, los factores estuvieron representados por cultivares y tiempo de envejecimiento. Arena lavada y esterilizada fue el sustrato. Cada experimento estuvo sometido a 10 h de luz fluorescente/día, se regó de manera uniforme dos veces al día.

El primer experimento fue una prueba de germinación estándar, para obtener el comportamiento inicial de los materiales. Para el segundo experimento se iniciaron las pruebas de envejecimiento acelerado, se

colocó parte de la semilla de cada cultivar en cámara húmeda (estufa acondicionada) por 24 h a 40 °C y 100% de humedad relativa (HR) y luego se instaló esta segunda prueba de germinación. Para la tercera prueba de envejecimiento acelerado se colocó la otra parte de la semilla a 40 °C por 48 h y 100% de HR.

En los tres ensayos, a los ocho días después de la siembra, se realizaron las siguientes mediciones: porcentaje de germinación (%G), altura total de planta (AT), longitud radical (LR) se separó la parte aérea, se lavaron todas las raíces de las plántulas de cada tratamiento y en cinco se midió la raicilla más larga peso seco de la parte aérea/planta (PSPA/p) y peso seco de la parte radical/planta (PSPR/p).

A los parámetros que evidenciaron diferencias ( $P < 0,01$ ) se les aplicó la prueba de Tukey ( $P < 0,05$ ).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se presentan los cuadrados medios y la significación de las tres pruebas (0; 24 y 48 h) de envejecimiento de la semilla. Para todos los parámetros evaluados, los cultivares mostraron respuestas diferentes ( $P < 0,01$ ), de igual manera,

**Tabla 1. Análisis de la varianza para altura total (AT), porcentaje de germinación (%G), longitud de la radícula (LR), peso seco de la parte aérea/planta (PSPA/p) y peso seco de la parte radical/planta (PSPR/p) en nueve cultivares de maíz sometidos a diferentes tiempos de envejecimiento.**

Fuentes de Variación	gl	Cuadrados Medios				
		AT (cm)	%G	LR (cm)	PSPA/p (g)	PSPR/p (g)
Repeticón	3	8,939	95,540	8,392	5,381E <sup>-05</sup>	0,0003
Cultivar (c)	8	36,074 **	4740,090**	69,897**	4,851E <sup>-04</sup> **	0,0036**
Tiempo (t)	2	10,476 **	1431,810 **	79,354**	5,673E <sup>-05</sup> **	0,0005**
Interacción (cxt)	16	3,137 ns	213,730**	9,108 <sup>ns</sup>	1,415E <sup>-05</sup> ns	0,0003**
Error	78	2,502	76,620	8,227	1,557E <sup>-05</sup>	0,0002
Total	107	-	-	-	-	-
CV %		10,53	11,21	13,08	13,12	23,20

ns = no significativo ( $P > 0,05$ )

\*\* = significativo ( $P < 0,01$ )

los tiempos de envejecimiento afectaron la expresión de los caracteres medidos ( $P < 0,01$ ). El tiempo de envejecimiento afectó ( $P < 0,01$ ) el %G y PSPR/p de los cultivares.

En la Tabla 2 se observa el efecto del tiempo de envejecimiento o deterioro de la semilla sobre los parámetros evaluados. La AT fue 15,61 cm a las 48 h y 14,92 cm a 0 h, superior por 0,69 cm ( $P < 0,01$ ). Por lo tanto, bajo las condiciones de estas pruebas la AT no fue un buen indicativo del deterioro de la semilla. Desde 0 h a 48 h, el %G disminuyó 12,61%, cada tiempo formó un grupo homogéneo. Martínez (2006) evaluó en julio de 2006, semillas de maíz Cariaco y Criollo cosechadas en octubre de 2004 y 2005 (almacenadas a temperatura ambiente), no encontró diferencias ( $P > 0,05$ ) para la altura de plántulas; el %G disminuyó en el Cariaco (cosecha 2004) en 27,7% con relación al Cariaco cosechado en 2005, para el Criollo aparentemente la semilla fue afectada por factores no controlados en el ensayo. Méndez-Natera y Vergara (2000), en pruebas de envejecimiento acelerado con semillas de híbridos de maíz, para las 48 h a 45 °C y 100% de HR, obtuvieron disminución de la altura de

planta (19,82 y 10,10 cm para 24 y 48 h). La disminución del %G a las 48 h fue variable, 32,0% para Cargill 633 y menos de 8,0% para Himeca 2003 y Pioneer 3031. Resultado opuesto obtuvieron Villarroel y Méndez-Natera (2007), cuando colocaron en cámara de envejecimiento acelerado a nueve lotes de semilla de maíz por 0; 24 y 48 h a 45 °C y 100 %HR, en ese caso el %G promedio se incrementó en 8,55%.

En esta Tabla 2 también se observa que la LR fue afectada progresivamente, decreció 2,96 cm para 48 h, comparado con la prueba a 0 h. Los valores del PSPA/p y PSPR/p, son bajos y aunque se detectaron diferencias ( $P < 0,01$ ), para el PSPA/p fue similar ( $P > 0,05$ ) entre los tiempos de 0 y 48 h. El PSPR/p disminuyó entre 0 y 48 h, y conformaron grupos diferentes, es decir, la acumulación de materia seca en las raíces fue afectada por el tiempo de envejecimiento de la semilla.

Por ser la prueba de germinación el parámetro más estudiado como indicativo de calidad de la semilla, en la Tabla 3 se muestra la interacción cultivar x tiempo de envejecimiento de la semilla. Los

**Tabla 2. Promedios de altura total (AT), porcentaje de germinación (%G), longitud de la radícula (LR), peso seco de la parte aérea/planta (PSPA/p) y peso seco de la parte radical/planta (PSPR/p) en nueve cultivares de maíz sometidos a diferentes tiempos de envejecimiento.**

Tiempo	Promedio y Significación				
	AT (cm)	%G	LR (cm)	PSPA/p (g)	PSPR/p (g)
0	14,9 ab	84,3 a	23,5 a	0,0291 b	0,0531 ab
24	14,6 b	78,2 b	21,8 b	0,0315 a	0,0564 a
48	15,6 a	71,7 c	20,5 b	0,0297 ab	0,0492 b
$\bar{x}$	15,0	78,1	21,9	0,0301	0,0529

Valores seguidos de letras diferentes para el mismo parámetro presentan diferencias (Tukey,  $P < 0,05$ ).

cultivares perdieron progresivamente %G, excepto el híbrido Himeca 92, (incrementó 2,5%), este resultado demuestra tolerancia al deterioro de la semilla. La pérdida de germinación en las variedades fue uniforme o varió poco (6,0-8,5%). En los híbridos fue muy variable, Himeca mejoró en 2,5% el %G a las 48 h y P-30R92 disminuyó en 23%. Es posible que influya la composición genética particular de cada uno de los híbridos. Las líneas por su estrecha base genética, como era de esperarse, fueron mas sensibles y la pérdida del

%G varió entre 21,5 - 32%. Se debe resaltar que los %G iniciales de las líneas fueron los más bajos.

## CONCLUSIONES

El efecto del envejecimiento acelerado de semillas fue más acentuado a las 48 h. El mayor tiempo de envejecimiento o deterioro de las semillas, afectó negativamente el porcentaje de germinación, longitud radical, y peso seco de la parte radical/planta, pero no fue suficiente para disminuir la altura de plántula y peso seco de la parte aérea/planta.

La pérdida del porcentaje de germinación fue más uniforme en las variedades, en los híbridos fue muy variable. Las líneas fueron las más sensibles, perdieron 24,5% de germinación a las 48 h.

El híbrido Himeca presentó mayor resistencia al deterioro de la semilla y la línea CML-451 fue la más susceptible.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento al investigador Pedro García (INIA-Portuguesa) por haber facilitado la semilla de seis cultivares y al prof. Carlos Párraga por la realización de los análisis estadísticos.

## REFERENCIAS

Bieto, J. y Talón, M. 1993. Fisiología y bioquímica vegetal: evolución de la actividad respiratoria durante la germinación de semillas. <http://www.mejoravegetal.crib>

**Tabla 3. Efecto de la interacción cultivar x tiempo de envejecimiento, sobre el porcentaje de germinación (%G) de nueve cultivares de maíz.**

Cultivar	Tiempo (h)	%G (Promedio)	Pérdida del %G
1	0	91,5 ab	
1	24	90,0 ab	
1	48	84,5 abc	-7,0
2	0	91,5 ab	
2	24	92,0 ab	
2	48	85,5 abc	-6,0
3	0	94,5 a	
3	24	92,5 a	
3	48	86,0 abc	-8,5
4	0	86,0 abc	
4	24	68,5 bcd	
4	48	63,0 cde	-23,0
5	0	87,5 ab	
5	24	92,5 a	
5	48	90,0 ab	+2,5
6	0	93,0 a	
6	24	88,0 ab	
6	48	87,0 ab	-6,0
7	0	95,5 a	
7	24	90,5 ab	
7	48	91,0 ab	-4,5
8	0	51,0 de	
8	24	49,0 de	
8	48	19,0 f	-32,0
9	0	60,5 de	
9	24	41,0 ef	
9	48	39,5 ef	-21,0
$\bar{x}$		77,8	

Promedios con letras iguales no presentan diferencias (Tukey, P<0,05).

a.edu.ar/semillap/index.htm  
[Consulta: septiembre 18 de  
2006].

Martínez, H. 2006. Pérdida de vigor en dos variedades de maíz (*Zea mays* L.) cosechadas en 2004 y 2005 y almacenadas a temperatura ambiente. Trab. Esp. Grado. Ing. Agrónomo. UNELLEZ, Guanare. 22 p.

Méndez-Natera, J. y Vergara, M. 2000. Deterioro de la calidad de semilla de tres Híbridos de maíz (*Zea mays* L.) en función de diferentes periodos de almacenamiento en cámara de envejecimiento acelerado (Resumen). In V Jornada científica nacional del maíz. Guanare, Portuguesa. pp 29-30

Puertas, M. 1999. Genética. Fundamentos y perspectivas. 2ª edición. Ed. McGraw-Hill. Madrid, pp 52-54

Rodríguez, R. 1989. El control de calidad de semilla genética y básica. In Curso de mejoramiento de maíz con énfasis en resistencia a factores bióticos-abióticos y producción de semilla genética y básica. San José de Escluintla. Guatemala. Pp 140-150.

Villarroel, N.y Méndez-Natera, J. 2007. Calidad de semilla de nueve lotes de diferentes cultivares de maíz (*Zea mays* L.) afectada por el envejecimiento acelerado. Rev. Fac. Agron. (LUZ) 24 (supl.1):89-94.