

# Respuesta fisiológica de la semilla de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) al almacenamiento

Habanero pepper (*Capsicum chinense* Jacq.) physiological seed response to storage

Rubén Humberto Andueza-Noh\*, Luis Latournerie-Moreno\*\*, Nicolás Moran-Vázquez\*, Francisco Cervantes-Ortiz\*, Mariano Mendoza-Elos\*\*, \*José Antonio Rangel-Lucio\*\*\*<sup>◊</sup>

## RESUMEN

El objetivo del presente estudio consistió en evaluar el efecto del tiempo y la temperatura de almacenamiento de la semilla de chile Habanero en la germinación estándar total y vigor de la semilla. Los factores estudiados fueron: a) Variedades de semilla de chile habanero (H-244, H-243, H-259, H-228, H-256); b) Temperatura de almacenamiento (10 °C y 26 °C) y; c) Tiempo de almacenamiento (tres, seis y nueve meses). Los tratamientos fueron organizados en las cámaras germinadoras bajo un diseño completamente al azar, con arreglo factorial. Los resultados indican que, a los tres meses de almacenamiento en condiciones controladas, las semillas se mantuvieron inmaduras y, a los nueve meses, se deterioran y pierden viabilidad. Almacenar la semilla de chile Habanero por seis meses a 26 °C, garantiza mayor porcentaje de germinación estándar total y permite obtener mayor número de plántulas normales de las variedades H-228 y H-259.

## ABSTRACT

The objective was to evaluate the effect of time and temperature of storage in the physiological Habanero pepper seed. The factors studied were: a) Seed Habanero (varieties H-244, H-243, H-259, H-228, H-256); b) Storage temperature (10 °C and 26 °C); c) Storage time (three, six and nine months). The treatments were organized in a randomized factorial design. The results indicate after three months of seed storage under controlled conditions still have immature seeds and nine months the seed viability disrepaired. The storage seed for six months at 26 °C, ensures greater percentage of standard germination and yielded greater number of normal seedlings of the Habanero varieties H-228 and H-259.

Recibido: 26 de mayo del 2016

Aceptado: 22 de septiembre del 2017

### Palabras clave:

Tiempo de almacenamiento; temperatura de almacenamiento; germinación estándar; plántula normal; viabilidad de semilla.

### Keywords:

Storage seed time; storage temperature; standard germination; normal seedling; seed viability.

### Cómo citar:

Andueza-Noh, R. H., Latournerie-Moreno, L., Moran-Vázquez, N., Cervantes-Ortiz, F., Mendoza-Elos, M., & Rangel-Lucio, J. A. (2017). Respuesta fisiológica de la semilla de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) al almacenamiento. *Acta Universitaria*, 27(6), 22-29. doi: 10.15174/au.2017.1395

## INTRODUCCIÓN

La conservación de semilla en ambiente controlado es esencial para disminuir el deterioro y mantener la calidad y la diversidad genética (Cohen, Williams, Plunknet & Sands, 1991; Delouche, 1985). Sin embargo, resulta esencial saber que la calidad se reduce desde su desarrollo en la planta madre o como consecuencia de mecanismos fisiológicos que disminuyen o detienen la germinación y causan pérdida de vigor y viabilidad en almacén (Argyris, Dahal, Hayashi, Still & Bradford, 2008; Doijode, 2001). La semilla de chile, al igual que otras plantas de la familia Solanaceae, disminuye su

\* Instituto Tecnológico de Roque.

\*\* Instituto Tecnológico de Conkal.

\*\*\* Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria. Boulevard Emilio Portes Gil #1305. Ciudad Victoria, Tamaulipas, México. C.P. 87010. Correo electrónico: antonio.rangel@itvictoria.edu.mx

◊ Autor de correspondencia.

viabilidad desde la cosecha y se agudiza si no se controla temperatura y humedad relativa del almacén. En México se cultivan cuatro de las cinco especies existentes de chile (*Capsicum frutescens*, *C. pubescens*, *C. annum*, *C. chinense*) que varían en forma, sabor, color, tamaño y pungencia de fruto (Valadez, 2001), entre ellas chile Habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). Esta especie se cultiva en varias zonas de México, pero es representativa de la península de Yucatán, donde tiene la denominación de origen “Chile Habanero de Yucatán” (Diario Oficial de la Federación [DOF], 2008). Esta distinción se debe a las condiciones climáticas (predomina el subhúmedo (Aw), y el litoral es seco; Vidal, 2005), edáficas (36 unidades de suelo; Bautista, Palma-López & Huchin-Mata, 2005) y antropógenas prevaletientes en la península, que permiten al chile Habanero expresar la variabilidad genética y persistencia como especie local bajo sistemas tradicionales de cultivo. Desafortunadamente, el procedimiento tradicional no comprende la manera apropiada para conservar la semilla, con lo cual se deteriora y reduce la calidad fisiológica y sanitaria y ocasiona escases para la siembra (Céspedes, 1990; Oren & Bass, 1978), y de recursos para contar con la solución técnica.

Las técnicas para conservar la semilla en condiciones controladas llevan a resultados variables asociados a la temperatura y tiempo de almacenamiento. Prucoli, Ferreira & Duarte (2004) encontraron que la semilla de chile dulce (*Capsicum annum* L.) almacenada a 5 °C durante cuatro meses, aumentó la germinación en cajas Petri y la emergencia en charolas de germinación. En cambio, Carter & Vavrina (2000) estimaron valores cercanos a 100% de germinación al mantener semillas de chile Jalapeño & Cayenne entre 20 °C y 30 °C y una reducción de la germinación de 48% a 35 °C. Allen, Benech-Arnold, Batla & Bradford (2007) consideran, además de los efectos en la germinación, el proceso de pos-maduración necesario para la semilla, sin el cual se condujo a una variación del crecimiento de plantas entre lotes evaluados. Por el contrario, Gutiérrez, Santana, Trujillo, Cristóbal & Zavala (2005) afirman que la temperatura ambiente de Yucatán, entre 23 °C y 36 °C, mantiene la viabilidad de la semilla de chile Habanero durante 12 meses, comparativamente al tratamiento de 10 °C que provoca el deterioro.

La producción y resguardo de la semilla de chile Habanero de la península de Yucatán, se practica en condiciones ambientales que afectan la viabilidad, de tal modo que disminuye la disponibilidad y aumenta el costo. En función de ello y debido a la falta

de una metodología práctica y económica factible de ser adoptada por el productor de chile Habanero en la península de Yucatán, se desarrolló el presente estudio cuyo objetivo consistió en estudiar el efecto de las condiciones de preservación, en el deterioro de la calidad fisiológica de la semilla de variedades locales de chile Habanero.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Semillas de cinco poblaciones locales de chile Habanero fueron colectadas por personal técnico del Instituto Tecnológico de Conkal, Yucatán, en la península de Yucatán, México. Los frutos se recolectaron de la parte media del dosel de plantas en campo, durante cinco ciclos de cultivo de 12 a 150 días de duración cada uno. En febrero de 2011, se incrementó la semilla colectada en invernadero (procedimiento para disponer de mayor proporción de semilla), cuya temperatura varió de 20 °C a 35 °C durante el ciclo de cultivo hasta obtención de la semilla seca. El fruto colectado se mantuvo por 15 d y la semilla extraída otros 10 d. Posteriormente, se envasó en frascos de cristal obscuro para ser transportada en contenedores de poliuretano a Celaya, Guanajuato, México, donde permaneció a 4 °C durante 35 d en el Laboratorio de Análisis de Semillas del Instituto Tecnológico de Roque. En este mismo espacio inició el estudio el 14 de enero de 2013. Los factores estudiados fueron: a) Semilla de las variedades locales de chile Habanero (H-244, H-243, H-259, H-228, H-256); b) Temperatura de almacenamiento de la semilla (10 °C y 26 °C) y; c) Tiempo de almacenamiento (tres, seis y nueve meses). Los sitios de colecta del estado de Yucatán, fueron: Yaxcopil, Peto, 19° 47'N y 88° 35'O (H-244, H-243, H-228); Yaxcaba, 19° 33'N y 88° 50' (H-259) y; Tzucacab, 20° 07' y 88° 59' (H-256), en elevaciones de 30 m a 36 m.

Para el ensayo, la semilla se desinfectó con Captán [CISN (triclometil) tio-4-ciclohexano 1,2)], al 0.25% (2.5 g L<sup>-1</sup>) y secó a temperatura ambiente de laboratorio de 18 °C. En cada uno de los dos frascos de cristal de 40 mL fueron colocadas 350 semillas/variedad. Cada temperatura fue controlada en cámaras de crecimiento independientes y fue comprobada al verificar la lectura del termómetro con el bulbo colocado en el interior. Cámaras y frascos se abrieron cada trimestre, para seleccionar al azar 200 semillas de cada variedad de chile local y así realizar los ensayos de germinación (*International Seed Testing Association* [ISTA], 1993). La técnica consistió en colocar 50 semillas entre dos hojas de papel germinador y humedecidas con agua

destilada estéril, antes y después de colocar la semilla. Esta acción se repitió dos veces. Los rollos de papel germinador se colocaron en posición vertical en bolsas de polietileno y, a su vez, en recipientes plásticos. Al final se ubicaron en cámara de germinación a 28 °C ± 2 °C, 16 h luz y 8 h de oscuridad y humedad relativa de 90% a 95%. La evaluación de los resultados se realizó con base en los criterios establecidos por ISTA (1993), como germinación estándar total (G), el producto de la suma de recuentos a 7 y 14 días después de la siembra (dds) y vigor (PN, desarrollo normal o anormal de plántulas en el primer recuento). La apreciación visual de G se basó en la protrusión de la radícula de 1 mm de longitud, aproximadamente, sobre la cubierta de la semilla, y vigor por el aspecto visual de raíz, hipocótilo y epicótilo, sin daño mecánico y sanitario y presencia de ambos cotiledones.

Los datos registrados, dada la heterogeneidad, se sometieron a una transformación con la función arcoseno, con el fin de tener una distribución aproximadamente normal para su análisis estadístico (Steel & Torrie, 1986). Con base en ello y a factores y niveles de estudio, el ensayo se planteó en un diseño experimental completamente al azar, con arreglo factorial y dos repeticiones. El primer factor fue representado por el efecto de la variedad local de Chile Habanero, el segundo por la temperatura de almacenamiento y el tercero por el tiempo de almacenamiento. Para establecer grado y nivel de significancia de las diferencias entre tratamientos y, una vez detectadas, se realizó la prueba de comparación de medias por la diferencia mínima significativa (LSD,  $\alpha = 0.05$ ), mediante el *Statistical Analysis System* (SAS) ver. 9.0 (SAS, 2002).

## RESULTADOS

Excepto en almacenamiento por nueve meses, la germinación estándar total fue estadísticamente diferente en tres y seis meses de almacenamiento a 10 °C; mientras que, bajo estas mismas condiciones, el desarrollo de plántulas normales (PN) permitió la obtención de diferencias estadísticas significativas entre las variedades de Chile Habanero (tabla 1). La germinación de semilla de las variedades H-228, H-259 y H-244 fue significativamente igual con valores de 93%, 91% y 81%, respectivamente, al ser sometidas a tres meses de almacenamiento; mientras que a seis meses la germinación de la variedad de H-259 subió a 93% (tabla 2). La temperatura a 26 °C sólo permitió la expresión de diferencias estadísticas significativas de la germinación a los nueve meses de almacenamiento (tabla 1) de la semilla de las variedades de Chile H-259, H-228 y H-244 (tabla 2). Por otro lado, el manejo de la semilla almacenada a 10 °C fue suficiente para la expresión de efectos significativos de las plántulas normales (PN) en los tres niveles de tiempo de almacenamiento, en tanto que a 26 °C esta variable de la calidad solo manifestó diferencias significativas a los seis meses (tabla 1). En esta tabla también se aprecia que el coeficiente de variación (CV), tiende a ser alto con el mayor tiempo de almacenamiento de la semilla. En la tabla 2 se observa que las variedades de Chile tuvieron una variación promedio de 78%, 88% y 50% entre PN, para cada tiempo de almacenamiento a 10 °C, donde destacaron las variedades H-259, H-228 y H-244; en cambio, sólo las dos últimas se mantuvieron en los tres períodos de tiempo de la prueba. En la misma tabla 2 sobresale la variedad de Chile Habanero H-259, cuando se almacenó por seis meses a 26 °C.

**Tabla 1.**

Cuadrado medio y significancia estadística del análisis estadístico individual para caracteres de la calidad de semilla de Chile Habanero, almacenada a 10 °C y 26 °C por tres, seis y nueve meses.

FV/Mes	3 meses		6 meses		9 meses	
	G	PN	G	PN	G	PN
<b>Almacenamiento a 10 °C</b>						
Variedad	185.90*	152.83*	38.16**	53.66**	951.60NS	844.68*
CV	5.25	6.56	0.815	1.37	23.2	18.87
Media	82.55	78.2	90.9	87.6	58.65	50.25
<b>Almacenamiento a 26 °C</b>						
Variedad	101.18NS	78.91NS	43.96*	45.28**	462.25*	198.83NS
CV	7.07	5.72	3.05	1.51	11.17	19.87
Media	80.25	75.9	92.55	89.6	65.75	45.3

Fuente de variación (FV); germinación estándar (G); plántulas normales (PN); Coeficiente de variación (CV); \*, \*\* efecto estadístico significativo a  $p \leq 0.05$  y altamente significativo a  $p \leq 0.01$ ; No significativo (NS).

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 2.**

Efecto del período y temperatura de almacenamiento de la semilla de Chile Habanero en la germinación estándar (G) y producción de plántulas normales (PN).

Variedad/Mes	3 meses		6 meses		9 meses	
	G	PN	G	PN	G	PN
<b>Almacenamiento a 10 °C</b>						
H-244	81.50 bc	80.00 ab	86.25 d	80.75 c	52.50 a	45.50 bc
H-243	72.00 c	68.75 b	88.75 c	86.25 b	56.75 a	45.75 bc
H-259	91.50 ab	87.75 a	96.50 a	93.50 a	84.50 a	76.25 a
H-228	93.25 a	85.00 a	94.50 b	92.00 a	72.50 a	62.25 ab
H-256	74.50 c	69.50 b	88.50 c	85.50 b	57.00 a	21.50 c
<b>Almacenamiento a 26 °C</b>						
H-244	72.50 a	68.25 a	85.75 b	83.75 d	69.00 ab	50.50 a
H-243	77.50 a	72.50 a	92.75 ab	87.50 c	51.25 bc	38.00 a
H-259	86.75 a	82.75 a	98.75 a	96.50 a	86.00 a	53.75 a
H-228	88.75 a	82.00 a	94.00 ab	91.50 b	72.50 a	52.75 a
H-256	75.50 a	74.00 a	91.50 ab	88.75 bc	50.00 c	31.50 a

Literales diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre variedades locales de Chile Habanero (V) con LSD ( $\alpha \leq 0.05$ ).

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 3.**

Comparación de medias de la germinación de semilla (G) y producción de plántulas normales (PN) de Chile Habanero, almacenada a 10 °C y 26 °C, durante tres etapas de almacenamiento (meses).

V/Mes	3 meses		6 meses		9 meses	
	G	PN	G	PN	G	PN
H-244	77.00 b	74.12 b	86.00 d	82.25 d	60.75 bc	48.00 bc
H-243	74.74 b	70.62 b	90.75 c	86.87 c	54.00 cd	41.87 c
H-259	89.12 a	85.25 a	97.62 a	95.00 a	85.25 a	65.00 a
H-228	91.00 a	83.50 a	94.25 b	91.75 b	72.50 ab	57.50 ab
H-256	75.12 b	71.75 b	90.00 c	87.12 c	38.50 d	26.50 d

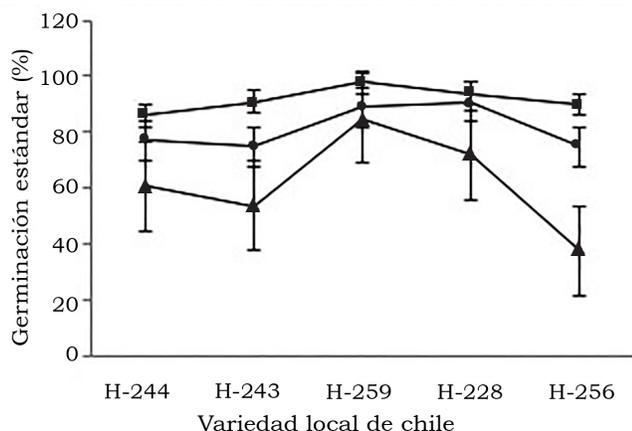
Literales diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre variedades locales de Chile Habanero (V), con LSD ( $\alpha \leq 0.05$ ).

Fuente: Elaboración propia.

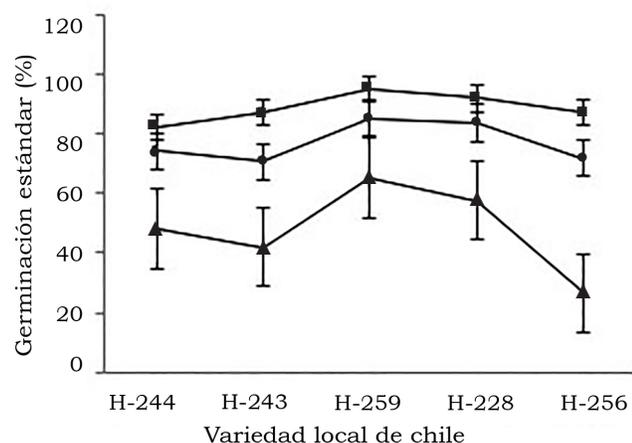
Una vez que la prueba de varianza de los análisis individuales indicara su homogeneidad, debido a que los valores estimados (3 meses: 0.488; 6 meses, 0.049; 9 meses, 0.704) fueron menores al valor de  $X^2$  tabulada (3.84), se procedió a realizar el análisis de varianza conjunto para cada etapa de almacenamiento (Gomez & Gomez, 1984).

Los resultados de G y PN de Chile Habanero fueron aceptables para las variedades H-259 y H-228 en evaluaciones hechas a tres y nueve meses; sin embargo, a seis meses la variedad H-259 tuvo mayor representatividad en ambas variables. Seis meses de almacenamiento de Chile H-259 son suficientes para alcanzar la germinación máxima, que la diferenció 8% y 12% respecto a tres y nueve meses y, por tanto, tuvo

mayor consistencia en el ensayo; en cambio, H-228 garantizó mejor G con tres meses de almacenamiento de la semilla, pues únicamente se incrementó 3% al preservarla seis meses. Ambas variedades fueron afectadas al aumentar el período de almacenamiento, ya que G disminuyó 12% y 21%, respectivamente (tabla 3). La temperatura de almacenamiento a 10 °C restringe la formación de PN de las variedades locales de Chile Habanero H-244, H-243 y H-256, aunque la respuesta de H-259 y H-228 no igualó los valores altos logrados con semillas almacenadas a 26 °C (figura 1). La mayor formación de PN se tuvo a 26 °C. Del mismo modo, seis meses de almacenamiento representan el tiempo óptimo en que la semilla de Chile Habanero adquirió la madurez y condiciones fisiológicas para alcanzar la germinación óptima (figura 2).



**Figura 1.** Efecto de la variedad y tiempo de almacenamiento (●, 3; ■, 6; ▲, 9 meses), con análisis combinado de la semilla de Chile Habanero, en la germinación estándar. Temperatura de almacenamiento 10 °C y 26 °C. Fuente: Elaboración propia.



**Figura 2.** Efecto de la variedad y tiempo de almacenamiento (●, 3; ■, 6; ▲, 9 meses), con análisis combinado de la semilla de Chile Habanero, en la producción de plántulas normales. Temperatura de almacenamiento 10 °C y 26 °C. Fuente: Elaboración propia.

El almacenamiento por seis meses de la semilla de Chile Habanero tuvo mejor éxito con valores superiores al 80% de germinación. En este sentido, es posible establecer que la variedad H-259 es representativa de la interacción variedad y tiempo de almacenamiento; sin embargo, resulta conveniente almacenar la semilla durante tres o seis meses (figura 1), según el análisis conjunto. Esta interacción se mantuvo en la formación de PN (figura 2). El común denominador en ambas variables, G y PN, fue mantener la semilla en almacén por tres o seis meses.

## DISCUSIÓN

La temperatura es un factor regulador de la germinación (Gonai *et al.*, 2008). Si bien Lindgren (2010) opina que el control apropiado de temperatura, humedad relativa y contenido relativo de agua de la semilla definen el tiempo óptimo de conservación sin alterar la germinación, en nuestro caso la variación del período de almacenamiento de tres a seis meses a 10 °C permitió un aumento mínimo de G de las variedades de Chile Habanero, en particular H-228 y H-259, pues G fue mayor que en H-244, H-243 y H-256. Esta ventaja se mantuvo al evaluar la germinación de semillas de Chile almacenadas por seis meses a 10 °C; sin embargo, los valores porcentuales fueron óptimos en la variedad H-259 sobre H-228. Por el contrario, Stoyanova (2001) estima que la germinación puede disminuir en semillas almacenadas por períodos cortos, como sucedió para la semilla de Chile sometidas por tres meses a 10 °C. Un período prolongado de almacenamiento, en cambio, causa endurecimiento de la semilla (Anto & Jayaram, 2010), lo que pudo causar ausencia de evidencias estadísticas significativas; además, el trabajo se desarrolló con dos repeticiones de los tratamientos (tabla 2). Esto indica que la temperatura de 10 °C no altera la actividad metabólica de la semilla. El tiempo de almacenamiento de la semilla a 10 °C también mejoró su vigor, pues PN aumentó de tres a seis meses; mientras que, a los nueve meses la semilla se deterioró, sin manifestarse diferencias estadísticas significativas entre variedades de Chile Habanero respecto a la germinación. El bioensayo desarrollado por Garraña-Hernández, Latournerie-Moreno, Ayala-Garay, Santamaría & Pinzón-López (2014) demostraron que almacenar 10 meses a 22 °C la semilla de Chile Habanero disminuye la germinación a 70% y 0% a los 4 y 8 meses, cuando inicialmente fue de 95%. La semilla comercial de Chile Habanero, sin hacer referencia a la variedad, procedió de la empresa Seminis. Al igual que en nuestros resultados, la pérdida de viabilidad de la semilla de Chile Habanero tiende a incrementar con el tiempo mayor de almacenamiento.

El aumento de temperatura a 26 °C mejoró la G después de seis meses, pero fue perjudicial a los nueve meses. Este tipo de respuesta fisiológica de la semilla de Chile Habanero, al variar de 10 °C a 26 °C, son referidas por Hong & Vierling (2001) como semillas termotolerantes. La termoinhibición o supresión de la germinación de semillas ocurre a temperatura alta, pero la germinación se normaliza al disminuir la temperatura (Vidaver & Hsiao, 1975). Toh *et al.* (2008)

determinaron que el ácido absísico (relacionado con latencia) y ácido giberélico modulan dicha termoinhibición. De este modo, el ácido absísico disminuye al embeber la semilla a temperatura óptima de germinación, pero incrementa al aumentar el calor. Este hecho podría explicar la germinación promedio mayor a 26 °C con seis meses de resguardo, mientras que la disminución posterior de la germinación y la ausencia de efectos estadísticos significativos en el número de plántulas normales, se explicarían por el periodo mayor de conservación (nueve meses) y a la síntesis de inhibidores como ácido absísico y ácido jasmónico que provocan latencia secundaria en la semilla (Hilhorst, 2007). De esta manera, la mejor respuesta germinativa de la mayoría de especies de la familia Solanaceae, está relacionada con la maduración y pérdida de latencia de la semilla en pos-cosecha (Randle & Homna, 1981) y una razón que también justifica la ausencia de diferencias estadísticas significativas en los primeros tres meses del ensayo a 26 °C (tabla 2). El mecanismo de respuesta de la semilla de chile Habanero es congruente con testimonios de Wall, Kochevar & Phillips (2002) y Prucoli *et al.* (2004), al afirmar que la germinación de chile se mantiene estable por seis meses, si la semilla seca se almacena a 5 °C ó 10 °C. Sin embargo, es necesario armonizar criterios de la calidad fisiológica de la semilla, pues si bien Berke (2000) sugiere 70% de germinación como mínimo, la Asociación para el Mejoramiento de Cultivos de Nuevo México exige 80% de germinación (Wall, Kochevar & Phillips, 2003).

Los resultados de la calidad fisiológica de la semilla, en términos de G y PN, confirman que la semilla puede ser almacenada a 10 °C o 26 °C hasta seis meses, situación que define la mejor respuesta en la variedad local de chile Habanero H-259 (tabla 3). Los tres primeros meses señalarían deficiencias asociadas con la maduración de la semilla y el envejecimiento con el mayor tiempo de almacenamiento. Esto último concuerda con los resultados de Bonilla, Cardozo & García (2004), al argumentar que el almacenamiento de semilla de *Capsicum* por periodos largos reduce la calidad fisiológica.

La temperatura de 10 °C afecta la formación de PN a partir de semillas de chile Habanero almacenadas por seis meses (figura 1). Situación distinta al hecho de haber sido almacenada a 26 °C que, prácticamente, mantuvo por arriba de 85% a PN. En particular, las plántulas normales de las variedades H-259 y H-228 solo se diferenciaron entre 11% y 5%, al cambiar la condición en almacén de 10 °C a 26 °C, respectivamente. Con la temperatura alta se formaría mayor

número de PN. Wall *et al.* (2002) señalan que la semilla recién cosechada de ciertos cultivares de chile puede exhibir latencia o disminuir la germinación. Ante situación semejante, Randle & Homna (1981) sugieren pos-madurar la semilla o someterla de 21 °C a 26 °C por seis semanas.

Los resultados de la tabla 3 demuestran la existencia de variación genética importante en la semilla de chile Habanero y confirman apreciaciones de Hernández-Verdugo, Oyama & Vázquez-Yanes (2001) para chile silvestre, quienes afirman que dicha variación genética altera el patrón de germinación de las poblaciones de plantas geográficamente diferentes. En este caso, la semilla de las variedades locales de chile Habanero ha sufrido un proceso de adaptación geoposicional regulado por la temperatura media ambiental que, en la zona de origen de las colectas, se sitúa en 27 °C. Los resultados también enfatizan la relación estrecha entre germinación y vigor de las variedades locales sobresalientes, pues formaron mayor número de PN de chile habanero. Una situación similar que también fue observada en chile pimienta por Barros & Keigo (2000).

No obstante, Gutiérrez *et al.* (2005) afirman que la temperatura alta no afecta la viabilidad de la semilla o el crecimiento de plántulas cuando esta se extrae de frutos de 10 d a 12 d de madurez fisiológica y almacenada al ambiente (Demir & Ellis, 1992), probablemente debido a la presencia de latencia (Wall *et al.*, 2002). Otras fuentes señalan la necesidad que tiene la semilla de madurar para mejorar germinación y desarrollo de plántulas de chile (Oladiran & Agunbiade, 2000). Con los resultados obtenidos de chile Habanero, se percibe que tales procesos fisiológicos podrían lograrse con el almacenamiento de la semilla por seis meses. En semillas de diversas especies, endospermo y testa regulan la latencia (Bethke *et al.*, 2007; Debeaujon, Lipiniec, Pourcel & Routaboul, 2007), pero en la familia Solanaceae se ha relacionado con la existencia de un embrión en estado inmaduro. Por otro lado, con el almacenamiento de la semilla por seis meses fue rebasado el 80% de germinación que se exige como mínimo para especies agrícolas de México (Moreno, 1984). Hecho probado para la variedad local de chile Habanero H-259, en el análisis conjunto desarrollado por la interacción variedad y tiempo de almacenamiento (figura 1). Esta respuesta interactiva repercutió en un número importante de PN (figura 2). De tal manera que, el común denominador es el resguardo de la semilla en almacén por nueve meses.

## CONCLUSIONES

El tiempo de almacenamiento limita la calidad fisiológica de la semilla de chile Habanero, más allá del efecto que provoca la temperatura de almacenamiento. Seis meses es un tiempo apropiado para mantener la germinación estándar y vigor de la semilla (plántulas normales) de las variedades locales de chile Habanero. A los tres meses de almacenamiento las semillas se mantienen inmaduras y a los nueve meses sufren deterioro y limitan su viabilidad. El almacenamiento de la semilla a 26 °C aumenta la germinación estándar y garantiza mayor número de plántulas normales de chile Habanero. La variedad local de chile Habanero condujo a cambios importantes en los porcentajes de germinación de la semilla (superiores a los estándares internacionales) y mayor producción de plántulas normales. Finalmente, las variedades locales de chile Habanero H-256 y H-228 mostraron mayor calidad fisiológica y viabilidad de la semilla, en concordancia con las condiciones ambientales que registra la península de Yucatán, México. Estas dos variedades podrían ser útiles en los procesos de selección ante la demanda comercial intensa de semilla de chile Habanero en la península de Yucatán.

## AGRADECIMIENTOS

El autor Rubén Humberto Andueza Noh, agradece al programa de becarios de la Dirección General de Educación Superior Tecnológica-SEP, por el financiamiento recibido como estudiante del programa de la Maestría en Ciencias en Semillas del Instituto Tecnológico de Roque, Celaya, Guanajuato, de 2005 a 2007.

## REFERENCIAS

- Allen, P. S., Benec-Arnold, R. L., Batla D., & Bradford K. J. (2007). Modeling of seed dormancy. En K. J. Bradford & H. Nonogaki, (Eds.). *Seed Development, Dormancy and Germination. Annual Plant Reviews*. (pp. 72-112). Oxford, U.K.: Blackwell Publishing.
- Anto, K. B., & Jayaram, K. M. (2010). Effect of temperature treatment on seed water content and viability of green pea (*Pisum sativum* L.) and soybean (*Glycine max* L. Merr.) seeds. *International Journal of Botany*, 6(2), 122-126.
- Argyris, J., Dahal, P., Hayashi, E., Still, D. W., & Bradford, K. J. (2008). Genetic variation for lettuce seed thermoinhibition is associated with temperature sensitive expression of abscisic acid, gibberellin and ethylene biosynthesis, metabolism and response genes. *Plant Physiology*, 148(2), 926-947. doi: 10.1104/pp.108.125807.
- Barros, T. S., & Keigo, M. (2000). Qualidade fisiológica de sementes de pimentão. *Scientia Agrícola*, 57(1), 109-112.
- Bautista, F., Palma-López, D., & Huchin-Malta, W. (2005). Actualización de la clasificación de los suelos del estado de Yucatán. En F. Bautista & G. Palacio (Eds.). *Caracterización y Manejo de los Suelos de la Península de Yucatán: Implicaciones Agropecuarias, Forestales y Ambientales*. (pp. 105-122). México: Universidad Autónoma de Campeche y Universidad Autónoma de Yucatán.
- Berke, T. G. (2000). Multiplying seed of pepper lines. *International Cooperator's Guide. Asian Vegetable Research & Development Center*. AVRDC publication. 4 p.
- Bethke, P. C., Libourel, I. G. L., Aoyama, N., Chung, Y. Y., Still, D. W., & Jones, R. L. (2007). The *Arabidopsis* aleurone layer responds to nitric oxide, gibberellin and abscisic acid and is sufficient and necessary for seed dormancy. *Plant Physiology*, 143(3), 1173-1188. doi:10.1104/pp.106.093435.
- Bonilla, E., Cardozo, C. I., & Garcia, M. A. (2004). Determinación de la condición fisiológica de la semilla de *Capsicum* spp. y efecto del método de secado para su almacenamiento. *Acta Agronómica* (Colombia), 53(1-2), 37-44.
- Carter, K. A., & Vavrina, S. C. (2000). High temperature inhibits germination of Jalapeno and Cayenne pepper. *HortScience*, 36(4), 724-725.
- Céspedes, T. E. (1990). Investigación específica sobre producción de semillas en la zona sur de México. En M. J., Molina, J. A., Estrada, M. M., Livera, V. A. González (Eds.). *Análisis de la Enseñanza, Producción e Investigación de Semillas en México*. (pp. 115-125). México: Sociedad Mexicana de Fitogenética.
- Cohen, J. I., Williams, J. T., Plunknett, D. L., & Sands, H. (1991). *Ex situ* conservation of plant genetic resources: global development and environmental concerns. *Science*, 253(5022), 866-872. doi:10.1126/science.253.5022.866
- Debeaujon, I., Lipiniec, L., Pourcel, L., & Routaboul, J. M. (2007). Seed coat development and dormancy. En K. J. Bradford & H. Nonogaki (Eds.). *Seed Development, Dormancy and Germination. Annual Plant Reviews*. (pp. 25-49). Oxford, U.K.: Blackwell Publishing.
- Delouche, J. C. (1985). Physiological Seed Quality. *Proceedings of Short Course for Seedman*. Vol. 27. Seed Technology Laboratory. Mississippi State University. 367 p.
- Demir, L., & Ellis, R. H. (1992). Development of pepper (*Capsicum annum* L.) seed quality. *Annals of Applied Biology*, 121(2), 385-399. doi: 10.1111/j.1744-7348.1992.tb03452.x
- Diario Oficial de la Federación (DOF). (2008). Declaratoria General de Protección de la Denominación de Origen Chile Habanero de Yucatán. *Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial*. Publicado en el DOF (Primera Sección) el 10/10/2008.
- Doijode, S. D. (2001). *Seed Storage of Horticultural Crops*. Binghamton, NY: The Haworth Press, Inc.
- Garruña-Hernández, R., Latournerie-Moreno, L., Ayala-Garay, O., Santamaría, J. M., & Pinzón-López, L. (2014). Acondicionamiento pre-siembrado: una opción para incrementar la germinación de semillas de chile Habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). *Agrociencia*, 48(4), 413-423
- Gomez, K. A., & Gomez, A. A. (1984). *Statistical Procedures for Agricultural Research*. A Wiley-Interscience Publication. John Wiley and Sons, New York. 680 p.

- Gonai, T., Kawahara, S., Tougou, M., Satoh, S., Hashiba, T., & Hirai N. (2008). Abscisic acid in the thermoinhibition of lettuce seed germination and enhancement of its catabolism by gibberellins. *Journal of Experimental Botany*, 55(394), 111-118. doi: 10.1093/jxb/erh023.
- Gutiérrez, A. O., Santana, B. N., Trujillo, A. J. J., Cristóbal, A. J., & Zavala, L. M. J. (agosto, 2005). Conservación postcosecha de la semilla de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). En A. G. Lozano, O. P. Campodónico, & L. H. Hernández, (Eds.). *Segunda Convención Mundial del Chile*. (pp. 67-71). Del 14 al 16 de agosto de 2005. Zacatecas, Zacatecas, México.
- Hernández-Verdugo, S., Oyama, K., & Vázquez-Yanes, C. (2001). Differentiation in seed germination among populations of *Capsicum annuum* along a latitudinal gradient in Mexico. *Plant Ecology*, 155(2), 245-257. doi:10.1023/A:1013234100003
- Hilhorst, H. W. M. (2007). Definitions and hypothesis of seeds dormancy. En K. J. Bradford & H. Nonogaki, (Eds.). *Seed Development, Dormancy and Germination*. pp. 50-71. Iowa, U.S.A.: Blackwell Publishing.
- Hong, S. H. & Vierling, E. (2001). Hsp101 is necessary for heat tolerance but dispensable for development and germination in the absence of stress. *The Plant Journal*, 27(1) 25-35.
- International Seed Testing Association (ISTA). (1993). International rules for seed testing. *Seed Science and Technology* (Supplement), 21, 1-287
- Lindgren, D. T. (2010). *Vegetable Garden Seed Storage and Germination Requirements*. Recuperado el 12 de febrero de 2011 de www.seedman.com/
- Moreno M., E. (1984). *Análisis Físico y Biológico de Semillas Agrícolas*. México: Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Oladiran, J. A., & Agunbiade, S. A. (2000). Germination and seedling development from pepper (*Capsicum annuum* L.) seeds following storage in different packaging materials. *Seed Science and Technology*, 28(2), 413-419.
- Oren, L. J., & Bass N. L. (1978). *Principles and Practices of Seed Storage*. USA: United States Department of Agriculture.
- Prucoli, P. S. C., Ferreira, R., & Duarte, H. V. (2004). Temperatura de armazenamento e desempenho de sementes hidratadas y osmocondicionadas de pimentão. *Revista Brasileira de Sementes*, 26(1), 38-43.
- Randle, W. M., & Homma, S. (1981). Dormancy in peppers. *Scientia Horticulturae*, 14(1), 19-25.
- Statistical Analysis System (SAS). (2002). *The SAS System for Windows 9.0. User's Electronic Guide: Statistics*. SAS Institute, Inc. Cary, North Carolina. USA.
- Steel, G. D. R., & Torrie, H. J. (1986). *Bioestadística. Principios y Procedimientos*. México, D.F.: McGraw-Hill.
- Stoyanova, S. D. (2001). *Ex situ* conservation in the Bulgarian genebank. I. Effect of storage. *Plant Genetic and Resources Newsletter*, (128), 68-76.
- Toh, S., Imamura, A., Watanabe, A., Nakabayasi, K., Okamoto, M., & Jikumaru, Y. (2008). High temperature-induced abscisic acid biosynthesis and its role in the inhibition of gibberellin action in *Arabidopsis* seeds. *Plant Physiology*, 146(3), 1368-1385. doi: 10.1104/pp.107.113738
- Valadez, L. A. (2001). *Producción de Hortalizas*. 9ª edición. México, D. F.: Editorial Limusa, S.A. de C.V.
- Vidal Z., R. (2005). Península de Yucatán. Región 11. En *Instituto de Geografía, UNAM, México. Colección Temas Selectos de Geografía de México* (Ed.). Las Regiones Climáticas de México. (pp. 189-204). México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Vidaver, W., & Hsiao, A. I. (1975). Actions of gibberellic acid and phytochrome on the germination of Grand Rapids lettuce seeds. *Plant Physiology*, 53(2), 266-268. doi: 10.1144/pp.53.2.266
- Wall, A. D., Kochevar, R., & Phillips, R. (2002). *Chile Seed Quality. New Mexico Chile Task Force*. Report 4. USA: New Mexico State University and US Department of Agriculture.
- Wall, A. D., Kochevar, R. & Phillips, R. (2003). *Guidelines for Chile Seed Crop Production. New Mexico Chile Task Force*. Report 5. USA: New Mexico State University and US Department of Agriculture.