

Respuesta fisiológica de semillas de tomate *Solanum lycopersicum* L. var. Unapal – Maravilla y pimentón *Capsicum annuum* L.) var Unapal-Serrano en crioconservación

Physiological response of tomato seeds *Solanum lycopersicum* L var Unapal–Maravilla and pepper seed *Capsicum annuum* L var Unapal–Serrano to cryopreservation

Mauricio Martinez, Carlos Iván Cardozo Conde, Manuel Salvador Sánchez Orozco

Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia, AA 237. Palmira, Valle del Cauca, Colombia. Autor para correspondencia: cicardozoc@palmira.unal.edu.co

Recibido: 9-12-2009 Aceptado: 28-10-2010

Resumen

En el laboratorio de Fisiología de la Universidad Nacional de Colombia y en los tanques para la crioconservación del Instituto Humboldt del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), ubicados en el municipio de Palmira, en diseños completamente al azar en arreglos factoriales con cuatro repeticiones para la prueba de germinación y dos para la prueba de emergencia, se evaluaron los efectos en la calidad fisiológica de las semillas de tomate *Solanum lycopersicum* L. var Unapal–Maravilla y pimentón *Capsicum annuum* L. var Unapal–Serrano, de cuatro rangos de contenido de humedad (10-12, 8-10, 6-8 y 2-4 %) sobre la respuesta a la crioconservación en nitrógeno líquido. Los resultados demostraron la alta calidad fisiológica inicial de las semillas y una reducción drástica del contenido de humedad en los primeros 120 minutos del secado; contenidos de humedad inferiores al 5% se obtuvieron después de 5 horas de exposición a sílica gel. En niveles de humedad inferiores al 9,9 % las semillas de tomate presentaron una reducción significativa en viabilidad y germinación. Las semillas de pimentón con un contenido de humedad de 2,6 % redujeron significativamente la germinación y la viabilidad. Con un congelamiento ultrarrápido de las semillas, a través de inmersión en nitrógeno líquido (NL) sin el uso de agentes crioprotectores no se presentaron efectos sobre la germinación y la viabilidad.

Palabras clave: *Solanum lycopersicum* L., *Capsicum annuum* L., semillas, secado, nitrógeno líquido, germinación, viabilidad, crioconservación.

Abstract

To evaluate the effect of four levels of moisture content (10-12, 8-10, 6-8 and 2-4 %) and cryopreservation in liquid nitrogen (LN) on the physiological seed quality of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) var Unapal–Maravilla and pepper, *Capsicum annuum* L., var Unapal–Serrano an experiment at the physiology lab and the cryopreservation lab of the Humboldt Institute of the International Center for Tropical Agricultural (CIAT) was carried out. A complete random design with four replications for seed germination seed test and 2 replications for the seed emergence test was used. The results showed an initial high quality of seed and a drastic humidity content reduction during the first 120 minutes. Seed humidity content lower than 5%, were obtained after 5 hours to be exposed to silica gel. At humidity lower than 9.9 %, tomato seeds had a drastic reduction in viability and germination. On the other hand, capsicum seeds showed a significant reduction in germination and viability when humidity content was 2.6%. With a

fast freezing treatment of seeds by immersion on LN without cryoprotectants during 30 days, there was no negatives effects on germination and viability of seeds of the two studied species.

Key words: *Solanum lycopersicum* L, *Capsicum annuum* L, seeds, physiological quality, germination, viability, liquid nitrogen,criopreservation.

Introducción

Uno de los inconvenientes en la producción de hortalizas es el suministro adecuado y oportuno de semillas tanto comerciales como de germoplasma para fines de investigación. Tal limitación está parcialmente asociada a los sistemas de conservación de semillas a corto, mediano y largo plazo.

Dentro de los métodos para la conservación de semillas de colecciones de trabajo se disponen las técnicas de cultivo in vitro, los bancos de semillas y la conservación en condiciones de campo; la conservación de semillas es actualmente el método más utilizado en los bancos de germoplasma, siendo eficiente, económico y seguro para la conservación ex situ de la mayoría de las especies con semillas ortodoxas, o sea aquellas que conservan su viabilidad por largo tiempo a bajos contenidos de humedad. La conservación en el almacenamiento dependerá de la calidad inicial, el contenido de humedad y las condiciones de almacenamiento. Este método combina facilidad de distribución y regeneración de plantas completas de materiales diversos, lo que reduce los costos en relación con otros tipos de conservación como el cultivo in vitro (Iriando, 1992). Las semillas de algunas especies hortícolas conservaron la germinación durante cinco años cuando se almacenaron a 4°C, y hasta diez, cuando la temperatura del almacenamiento se redujo a -17°C (Benková y Záková, 2009).

En Colombia, aunque existe el Sistema Nacional de Bancos de Germoplasma, no existe uno específico para semillas de especies hortícolas, que garantice la conservación a corto o a largo plazo. Las entidades responsables de la conservación, generalmente no disponen de recursos suficientes y en algunos casos presentan tecnologías e infraestructuras inadecuadas por lo cual resulta importante realizar investigación en técnicas de conservación de semillas en bancos de

germoplasma a mediano y largo plazo (Rao et al, 2007).-

Aunque las técnicas de secado son ampliamente conocidas, se han hecho algunas investigaciones utilizando sílica-gel en el secado de semillas para conservación de germoplasma. Cuando los secados son rápidos o bruscos se compromete la viabilidad de las semillas, especialmente si éstas no han alcanzado el nivel de humedad y madurez para soportar los descensos bruscos. Zhang y Tao (1989) lograron desecar semillas sin afectar su viabilidad con secado lento, al emplear relaciones bajas de sílica-gel: semillas. Arce et al, (2007) encontraron resultados positivos con semillas crioconservadas de *Sapindus saponaria*.

La crioconservación es una de las alternativas de preservación de la variabilidad genética sin que ésta se altere, se basa en la reducción y subsiguiente detención de las funciones metabólicas del material biológico, aunque conserva su viabilidad. Consiste en el almacenamiento a temperaturas ultra bajas como las del nitrógeno en fase líquida (-196°C) o en fase gaseosa (-155°C). A dichas temperaturas, la división celular y los procesos metabólicos de células entran en un estado de suspensión animada que les permite ser almacenados sin modificaciones o alteraciones durante un periodo ilimitado (Engelman, 2000; Santos, 2002).

Los valores de tasas de congelación más utilizados para crioconservación en semillas, se encuentran entre -1° y - 200°C/ minuto para especies con semillas ortodoxas y recalcitrantes y contenido de humedad entre el 2 y 5 %. Las limitantes potenciales para la recuperación postcongelamiento son el contenido de humedad de la semilla, el contenido de aceite, la velocidad de congelamiento y el comportamiento individual en relación con el secado (Kernode y Finch-Savage, 2002; Hong y Ellis, 1996; Iriando, 1992; Montoya, 2001).

El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la respuesta fisiológica de las semi-

llas de tomate *Solanum lycopersicum* L. var. Unapal-Maravilla y pimentón *Capsicum annum* L. var. Unapal-Serrano a condiciones de secado y crioconservación.

Materiales y métodos

Los experimentos se realizaron en los laboratorios de Fisiología Vegetal de la Universidad Nacional de Colombia-Sede Palmira y en el Instituto Humboldt en el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), ubicados en Palmira, en el departamento del Valle del Cauca (Colombia).

Se utilizaron semillas de tomate *Solanum lycopersicum* L. var. Unapal-Maravilla y pimentón *Capsicum annum* L. var. Unapal-Serrano, cultivares obtenidos y liberados por el Programa de Mejoramiento de Hortalizas de la Universidad Nacional de Colombia- Palmira, cosechadas en febrero del 2005 en parcelas establecidas en el Centro Experimental de la Universidad (CEUNP). La fase de congelación se llevó a cabo en los tanques referencia Taylor – Wharton, 38 K Series, con capacidad de 590 litros de nitrógeno líquido, con tasa de evaporación diaria de 8 litros/día, peso vacío de 256 kilos y capacidad de almacenamiento máxima de 457 kilos.

Caracterización inicial de los lotes de semilla de tomate y pimentón

Inicialmente, a las muestras de semillas de los dos cultivares se les realizaron determinaciones de humedad, viabilidad inicial en tetrazolio, germinación, vigor e índice de semillas.

Determinación del contenido de humedad

Los contenidos de humedad inicial de las semillas de tomate se realizaron por el método gravimétrico, colocando dos repeticiones de 3 g cada una en un horno a temperatura constante de 130° C durante una hora y las de pimentón a baja temperatura constante, 103 °C durante 18 horas (ISTA, 2005).

Prueba de viabilidad en tetrazolio

Esta prueba se utiliza para determinar la germinación potencial y el vigor de las semillas, se evalúa la tinción del embrión y los cotiledones de la semilla cuando se sumergen

en una solución de cloruro trifenil tetrazolio (ISTA, 1999). En este estudio la prueba se cumplió en cuatro repeticiones de cincuenta semillas cada una.

Germinación y emergencia

Se sembraron cuatro repeticiones de 25 semillas en cajas Petri con papel toalla como sustrato en condiciones del laboratorio de Fisiología de la Universidad Nacional de Colombia – Sede Palmira (60%-70% de humedad relativa y temperatura día promedio de 24°C y noche de 18°C). Para la prueba de emergencia se sembraron dos repeticiones de 25 semillas en arena esterilizada. Las lecturas de germinación y emergencia se hicieron a partir de los ocho días, en conteos diarios hasta los 28 días como estimación de vigor.

Tolerancia a la desecación

Se establecieron cuatro niveles de humedad (10-12, 8-9, 6-7 y 2-5 %) y dos métodos de secado. El contenido de humedad, entre el 10-12%, se obtuvo con el secado natural en condiciones de sombra, los otros tres niveles utilizando sílica gel en campanas de vidrio con una relación sílica gel: semilla de 5: 1. Durante el proceso de secado, cada 30 minutos se hicieron mediciones del contenido de humedad de la semilla, mediante la ecuación de Hong y Ellis (1996):

$$Pi(100 - CHi) = Pf(100 - CHf),$$

donde: Pi = Peso inicial de las semillas antes del secado; Pf = Peso final de las semillas después del secado; CHi = Contenido de humedad inicial de las semillas; CHf = Contenido de humedad final de las semillas.

Efecto de la crioconservación en la calidad fisiológica de semillas

Las muestras de semillas *S. lycopersicum* L. var. Unapal-Maravilla y *C. annum* L. var. Unapal-Serrano con los contenidos de humedad definidos anteriormente, se empacaron en críoviales de 2 ml (100 semillas por cada vial), se sometieron directamente a un proceso de congelamiento ultrarrápido, a través de inmersión directa en nitrógeno líquido (NL) sin la adición de ningún agente crioprotectante, y se mantuvieron en fase de congelación

durante treinta días. Luego se descongelaron, sumergiendo los viales durante un minuto en baño maría a temperatura constante de 37°C. Posteriormente se procedió a sembrar las semillas tratadas en las pruebas de germinación en papel y las de emergencia en arena. Hubo evaluaciones a partir de los ocho días y luego observaciones diarias para estimar el índice de vigor.

Se utilizó un diseño completamente al azar con un arreglo factorial de cuatro repeticiones para la prueba de germinación y dos para la de emergencia y la prueba de Duncan para la comparación de medias. La información se procesó mediante el sistema S.A.S (Statistical Análisis System). Versión 8.2 de 2002.

Resultados y discusión

Caracterización inicial de los lotes de semillas

Contenido de Humedad, Germinación, Viabilidad, Vigor e Índice de Semillas.

El contenido inicial de humedad de las semillas de *S. lycopersicum* L. fue 9.9% y 9.7% para las de *C. annuum* L., valores apropiados para la conservación a corto y mediano plazo (Benková y Záková, 2009). La viabilidad y germinación de las semillas de las dos especies fue relativamente alta y cumplen con el valor mínimo para almacenar semillas de tomate y pimentón (75% y 65 %, respectivamente) (AVRDC, 1993). La germinación de las semillas de tomate y pimentón inició a los cuatro y siete días. Al comparar las diferencias entre los valores de viabilidad y germinación en las semillas de tomate Unapal Maravilla, se infiere la ocurrencia de algún tipo de latencia. El vigor, medido como la proporción de plantas normales a los diez días, en tomate fue de 54.3 % y pimentón 67,3%. En el Cuadro 1 se presenta la caracterización inicial de las semillas de tomate y pimentón.

Curvas de secado

Las curvas de secado para las semillas de *S. lycopersicum* L. y *C. annuum* L. muestran un descenso en el nivel de humedad hasta el equilibrio con el entorno, que en este caso fue sílica gel seca con 5% HR a 25°C (Hong y Ellis, 1996). El tiempo de secado fue de aproximadamente nueve horas. Las semillas de ambas especies presentaron una tasa de secado similar. Se observa mayor pérdida de agua durante los primeros sesenta minutos de contacto con la sílica, se obtuvo con este período el segundo nivel de humedad propuesto en los ensayos (8-10 %). Al cabo de 3,5 horas el contenido de humedad de las semillas estuvo dentro del rango (6-8 %), siendo el tercer nivel propuesto para el ensayo. Después de cinco horas las semillas de tomate y pimentón bajaron el nivel de humedad por debajo del 5% y llegaron hasta valores cercanos al 3% (Figuras 1 y 2).

Efecto del secado sobre la calidad fisiológica de semillas de tomate

Las semillas secadas de manera natural en condiciones de sol, con un contenido de humedad de 9.9 %, presentaron los mayores valores de viabilidad en la prueba de tetrazol y germinación (80% y 76%, respectivamente). Se observaron diferencias estadísticamente significativas en comparación con los valores obtenidos en los otros contenidos de humedad. El vigor, evaluado como el tamaño de radícula, de hipocotilo, altura y peso de la planta, no presentó diferencias significativas entre los niveles de humedad evaluados (Cuadro 2). La emergencia de plántulas en arena estéril registró valores inferiores a la germinación, aunque presentó un patrón de comportamiento similar al obtenido en la germinación en cajas de Petri, pero con valores menores (Cuadro 3).

Los resultados de germinación y emergencia permiten deducir que las semillas de

Cuadro 1. Caracterización inicial de las semillas de tomate y pimentón usados en la experimentación.

Especie	Contenido de Humedad (%)	Viabilidad (%)	Germinación (%)	Vigor (%)	Índice de Semillas (100/g)
<i>S. lycopersicum</i>	9.9	89,5	74	54.3	0.40
<i>C. annuum</i>	7.0	92,0	86	67.4	0.68

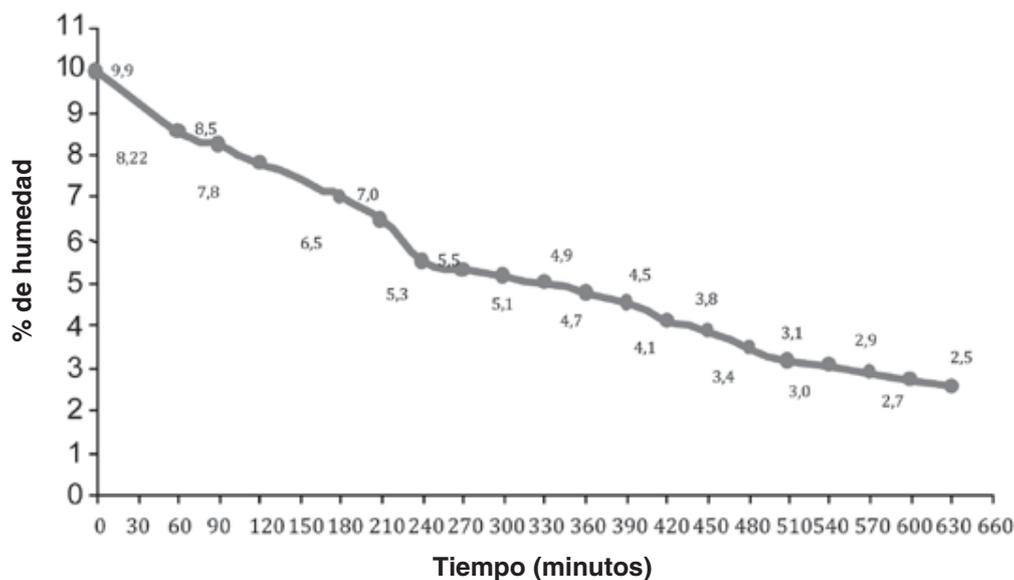


Figura 1. Curva de secado de semillas de tomate (Relación Silica - Semilla de 5.1)

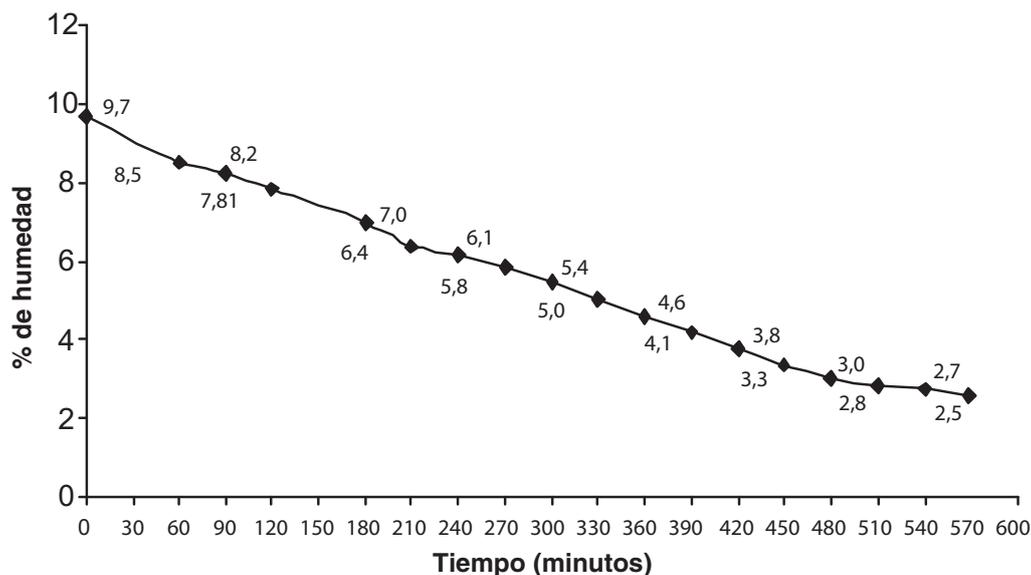


Figura 2. Curva de secado de semillas de pimentón (Relación Silica - Semilla de 5:1)

tomate presentan el mejor comportamiento a un nivel de humedad del 9.9% obtenido mediante secado natural sol-sombra. El secado en contenidos inferiores de humedad reduce significativamente la viabilidad y la germinación. Un marcado efecto sobre la germinación y viabilidad de las semillas de tomate frente al secado parece indicar un comportamiento

no ortodoxo de las semillas de esta nueva variedad de tomate. Las diferencias observadas entre los valores de germinación en cajas de petri y la emergencia en arena estéril sugiere la ocurrencia de una sensibilidad de las semillas a los sustratos y condiciones usadas para la germinación.

Cuadro 2. Efecto del secado sobre la germinación (en cajas Petri) y vigor de semillas de *S. lycopersicum* L. var. Unapal – Maravilla.

Contenido de humedad (%)	Viabilidad (%)	Germinación (%)	Tamaño radícula (cm)	Tamaño hipocotilo (cm)	Altura de planta (cm)	Peso seco/plántula (mg)
10 – 12 (9.9)	80 a*	76 a	6,9 b	4,6 a	12,6 b	52,5 a
8-10 (8.2)	64b	60 b	10,6 a	5,2 a	16,7 a	49,4 a
6- 8 (6. 5)	71b	63 b	10,3 a	5,2 a	16,4 a	49,0 a
2-4 (2.4)	71 b	58 b	11,7 a	6,3 a	18,1 a	49,8 a
Media	71,8	64.2	9.8	5.3	15.9	50,1

* Promedios en la columna con el mismo subíndice no difieren significativamente al nivel de P < 0.05 según la prueba de Duncan.

Cuadro 3. Efecto del secado sobre la emergencia (en arena) y vigor de semillas de *Solanum lycopersicum* L. var. Unapal – Maravilla.

Contenido de humedad (%)	Viabilidad (%)	Emergencia (%)	Altura de planta (cm)	Peso seco/plántula		
				Hojas -----	Tallos (mg)	Raíz -----
10 – 12(9.9)	80 a*	54.3 a	21.4 b	474,5 b	362 b	258 a
8-10 (8.2)	64 b	47.8 a	25.4 a	525,7 b	531 a	337 a
6 - 8 (6.5)	72 b	48.5 a	27.9 a	542,5 b	686 a	310 a
2 – 4 (2.4)	71 b	51.2 a	25.7 a	762,7 a	622 a	336 a
Media	71,8	50.4	25.1	576,3	550,2	310,2

* Promedios en la columna con el mismo subíndice no difieren significativamente al nivel de P < 0.05 según la prueba de Duncan.

Efecto del secado sobre la calidad fisiológica de semillas de pimentón

El secado en contenido de humedad de 2.5% reduce significativamente la viabilidad y germinación de las semillas (Cuadro 4). La emergencia de semillas (en arena), aunque en promedio presentó valores inferiores a la germinación, no mostró diferencias significa-

tivas en los niveles de humedad evaluados y conserva el mismo patrón de comportamiento de la germinación (Cuadro 5).

En las mediciones de vigor, aunque con ligeras variaciones, el secado natural de semillas a la sombra mantiene el mismo comportamiento de la germinación.

Cuadro 4. Efecto del secado sobre la germinación (en cajas petri) y vigor de semillas de *C. annuum* L. var. Unapal – Serrano.

Contenido de humedad (%)	Viabilidad (%)	Germinación (%)	Tamaño radícula (cm)	Tamaño hipocotilo (cm)	Altura planta (cm)	Peso seco/plántula (mg)
10 – 12 (9.7)	91 a*	86 a	5.9 a	2.1 b	8.9 a	51,6 b
8-10 (8.2)	89 a	81 a	3.7 b	2.8 a	7.7 b	60,4 a
6 – 8 (6.1)	85 a	77 a	4.1b	2.8 a	8.0 ab	57,0 ab
2 - 4 (2.6)	79 b	76 b	3.7 b	2.7 a	7.4 a	53,2 b
Media	86	80	4.3	2.6	8.0	55,5

* Promedios en la columna con el mismo subíndice no difieren significativamente al nivel de P < 0.05 según la prueba de Duncan.

Cuadro 5. Efecto del secado en la emergencia (en arena) y vigor de semillas de *C. annuum* L. var. Unapal – Serrano.

Contenido de humedad (%)	Viabilidad (%)	Emergencia (%)	Altura planta (cm)	Hojas (g)	Tallo (g)	Raíz (g)
10 – 12 (9.7)	91 a*	67.3 a	17.3 a	271 b	90 a	221 a
8 – 10 (8.2)	89 a	54.3 a	14.8 ab	200 b	77ab	172 ab
6 – 8 (6.1)	85 a	67.3 a	13.2 b	167 b	65 b	90 b
2 – 4 (2.5)	79 b	66.2 a	15.9 ab	218 ab	88 ab	192 a
Media	86	63.8	15.3	214	80	168

* Promedios en la columna con el mismo subíndice no difieren significativamente al nivel de $P < 0.05$ según la prueba de Duncan

Efecto de la crioconservación en la calidad fisiológica de semillas de tomate *S. lycopersicum* L. var. Unapal–Maravilla y pimentón *C. annuum* L. var. Unapal–Serrano

Pasados treinta días, la germinación, viabilidad y emergencia promedias de las semillas de tomate y pimentón sometidas a congelamiento ultrarrápido a través de inmersión en NL sin la adición de sustancias crioprotectantes no presentaron diferencias significativas en los cuatro niveles de humedad evaluados. Al cal-

cular y comparar la germinación relativa, con la germinación y la viabilidad con la prueba de tetrazol en los niveles de humedad, no se detectaron diferencias estadísticas significativas (Cuadros 6, 7, 8 y 9). Esto concuerda con los resultados obtenidos por Walters et al., 2004 con semillas de varias especies agrícolas donde se reporta germinación superior a 90% durante 10-20 años en semillas de tomate crioconservadas en NL.

Cuadro 6. Efecto de la crioconservación en la germinación (cajas de Petri) y viabilidad de semillas de *S. lycopersicum* L. tomate Unapal–Maravilla con diferentes contenidos de humedad.

Contenido de humedad (%)	Suspensión en NL			
	Sin		Con	
	Viabilidad (%)	Germinación (%) Normal Relativa	Viabilidad (%)	Germinación (%) Normal Relativa
0 – 12 (9.9)	80 a*	76 a 95	75,5 a	71 a 94
8-10 (8.2)	64 b	60 b 93,7	70 b	62 ab 88,5
6-8 (6.5)	72 b	63 b 87,5	70 a	57 b 81,4
2-4 (2.4)	71 b	58 b 81,6	69 b	59 ab 85,5
Media	71,8 a	64,2 a 89,4	71,1 a	62,2 a 87,3

*. Promedios con igual letra en la misma columna no difieren significativamente al nivel de $P < 0.05$, según Duncan.

Cuadro 7. Efecto de la crioconservación en la viabilidad y emergencia (arena estéril) de semillas de *S. lycopersicum* L. tomate Unapal – Maravilla con diferentes contenidos de humedad.

Contenido de humedad (%)	Suspensión en NL			
	Sin		Con	
	Viabilidad (%)	Emergencia (%)	Viabilidad (%)	Emergencia (%)
10-12 (9.96)	80 a*	74	75,5 a	61
8-10 (8.20)	64 b	68	70 b	68
6-8 (6.46)	72 b	66	70 a	60
2-4 (2.45)	71 b	68	69 b	68
Media	71,7 a	69	71,1 a	64,2

*. Promedios con igual letra en la misma columna no difieren significativamente al nivel de $P < 0.05$, según Duncan.

Cuadro 8. Viabilidad y germinación (cajas de Petri) de semillas de pimentón *C. annum* L. var. Unapal-Serrano con diferentes contenidos de humedad y criopreservadas en nitrógeno líquido.

Contenido de humedad %	Suspensión en NL			
	Sin		Con	
	Viabilidad %	Germinación % Normal Relativa	Viabilidad %	Germinación % Normal Relativa
10-12 (9.7)	91 a	92.50 a 100	88.0 a	94.5 a 100
8-10 (8.2)	89 a	93.10 a 100	82.5 a	88.5 a 100
6-8 (6.1)	85 a	88.33 a 100	82.0 a	90.0 a 100
2-4 (2.5)	79 b	87.00 a 100	82.5 a	87.5 a 100
Media	86 a***	90.23 a 100	83.75 a	90.1 a 100

***: Promedios con igual letra en la misma columna no difieren significativamente al nivel de P < 0.05, según Duncan.

Cuadro 9. Viabilidad y emergencia (arena estéril) de semillas de pimentón *C. annum* L. var. Unapal-Serrano, con diferentes contenidos de humedad y criopreservadas en nitrógeno líquido.

Contenido de Humedad (%)	Suspensión en NL			
	Sin		Con	
	Viabilidad (%)	Emergencia (%)	Viabilidad (%)	Emergencia (%)
10-12 (9.7)	91 a	90 a	88 a	83 a
8-10 (8.2)	89 a	83 a	82 a	88 a
6-8 (6.1)	85 a	82 a	82 a	92 a
2-4 (2.5)	79 b	85 a	82 a	82 a
Media	86 a***	85 a	83 a	86 a

***: Promedios con igual letra en la misma columna no difieren significativamente al nivel de P < 0.05, según Duncan.

Conclusión

Las semillas de tomate *Solanum lycopersicum* L. var. Unapal-Maravilla presentaron una reducción drástica del contenido de humedad en los primeros 120 minutos; los contenidos de humedad inferiores al 5% se obtuvieron después de 5 horas de exposición a tratamientos con sílica-gel.

Semillas con porcentajes de humedad inferiores al 9.9 % mostraron una reducción de la viabilidad y la germinación. No se detectaron diferencias estadísticas significativas entre los valores de emergencia de plántulas, aunque los valores obtenidos fueron menores a los de germinación.

El proceso de congelamiento ultrarrápido de las semillas sin crioprotectores durante un periodo de treinta días no presentó efectos sobre la germinación y viabilidad de las semillas.

Aunque las semillas de pimentón *Capsicum annum* L. var. Unapal Serrano revelaron un patrón de secado semejante a las semillas

de tomate, redujeron significativamente la germinación y la viabilidad en el contenido de humedad de 2,6 %. Igual que en las semillas de tomate, no se detectaron diferencias estadísticas significativas entre los valores de emergencia de plántulas, aunque los valores fueron menores a los obtenidos en la germinación.

El proceso de congelamiento ultrarrápido de las semillas sin crioprotectores durante un periodo de treinta días no reveló efectos sobre la germinación y la viabilidad de las semillas de pimentón.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Dirección de Investigación de Palmira, al Grupo de Investigación en Recursos Genéticos de Plantas Medicinales y al Instituto Humboldt en el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), por el apoyo brindado en desarrollo de la investigación.

Referencias

- Arce, K.; Bonilla C.; Sánchez O., M. S.; Escobar, R. 2007. Morfoanatomía y respuesta fisiológica de las semillas de chambimbe a condiciones de crioconservación. *Acta Agronómica* 56(3):135-140.
- Avrdc. 1993. Germplasm collection, evaluation, documentation, and conservation. (Acompilation of lecture materials of a training course held in BARI, Joydebpur, Gazipur, Bangladesh, 4-6 May 1992). Asian Vegetable Research and Development Center. Shanhua, Tainan, Taiwan. Publication no.93-398; 95 p.
- Benková, M. – Záková, M. 2009 Seeds germinability of selected species after five and ten years storage at different temperatures. *Agriculture (Pol'nohospodárstvo)*, vol. 55, (2):119-124.
- Engelmann, F. F. 2000. Importancia de la desecación para la crioconservación de semillas recalcitrantes y especies de propagación vegetativa. IPGRI, Via delle Sette Chiese 142, 00145. Roma.
- Hong, T.D. y Ellis, R.H. 1996. Protocolo para determinar el comportamiento de las semillas en almacenamiento. Roma: IPGRI. 85 p.(Boletín Técnico No.1).
- Iriondo, J.M., Pérez, C., and Pérez, García, F. 1992. Effect of seed storage in liquid nitrogen on germination of several crops and wild species *Seed Technol* 20 165-171 p
- Kermode, A.R., Finch-Savage, W, 2002. Desiccation sensitivity in orthodox and recalcitrant seeds in relation to development In: Black, M., Pritchard, H. eds. *Desiccation and Plant Survival*, CABI, Oxon, UK, pp 149-184
- ISTA. 2005. International Rules for Seed Testing. Edición 2005. International Seed Testing Association, Bassersdorf, Suiza. Sitio de la ISTA: <http://www.seedtest.org>.
- ISTA. 1999. Reglas Internacionales para ensayos de semillas. Ensayo topográfico al tetrazolio. Secretaría de Estado de Agricultura y Ganadería. España.
- Montoya, J. 2001. Desarrollo de una Metodología para la Conservación de Semilla Sexual de Tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* (Cav). Sendt). Trabajo de grado (Ing. Agr.) Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín. 86 p.
- Rao, N.K., J. Hanson, M.E. Dulloo, K. Ghosh, D. Novell y M. Larinde. 2007. Manual para el manejo de semillas en bancos de germoplasma. Manuales para Bancos de Germoplasma No. 8. Bioversity International, Roma, Italia. 182 p
- Santos, M. 2002. Estudio exploratorio para desarrollar una metodología de crioconservación de callo embriogénico friable de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) variedades MCol 2215 y MNig11. Trabajo de grado (Ing Agr.). Universidad Nacional de Colombia - Sede Palmira. 71 p.
- Walters, C., Wheele, L., y Stanwood, P. C. 2004. Longevity of cryogenically stored seeds. USDA-ARS National Center for Genetic Resources Preservation. *USA Cryobiology* 48:229-244. Consultado 30 Abril 2004.
- Zhang, X. Y. y Tao, L. 1989. Silica gel seed drying for germoplasma conservation-practical guidelines. *Plant Genet Res. Newsl.* 75(76):1-5.