



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
IZTACALA**

CONSERVACIÓN *EX SITU* DE LAS SEMILLAS DE
Stenocereus pruinosus (Otto) F. Buxbaum DE VENTA
SALADA, MUNICIPIO DE COXCATLÁN, PUEBLA

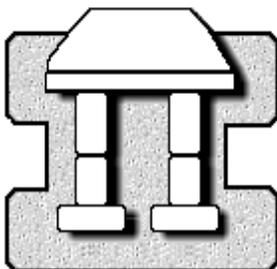
T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

B I Ó L O G O

P R E S E N T A:

PIÑA MORENO FERNANDO



Directora de tesis

M. en C. ANTONIA TRUJILLO HERNÁNDEZ

Los Reyes Iztacala, Tlalnepantla de Baz, Estado de México, 2010.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México porque gracias a ella tengo la sangre azul y mi piel dorada

A mi asesora M. en C. Antonia Trujillo Hernández, muy especialmente que con su generosidad e inteligencia me guiaron y dirigieron en las horas difíciles de la elaboración de este trabajo, desde el inicio hasta el fin.

A LAS MENTES QUE COLABORARON, DISECCIONARON CON SINCERIDAD Y BRILLANTEZ EL INICIO, DESARROLLO Y CONCLUSIÓN DE ESTE TRABAJO.

Biol. Marcial García Pineda por su apoyo y colaboración con muchos elementos materiales y de espacio para las cactáceas de este trabajo.

M. en C. Manuel Mandujano Piña por su insustituible ayuda en la elaboración de las pruebas estadísticas que dan sustento a las pruebas hechas en esta investigación.

M. en C. Alberto Arriaga Frias por sus valiosos aportes en conocimientos sobre la fisiología de semillas en almacenamiento, fisiología vegetal de cactáceas y por el apoyo que siempre me ha dado.

Dr. Juan Gerardo Ortiz Montiel por las facilidades y apoyo de instrumentos, materiales y equipo de laboratorio, además de su disposición para afinar con sus comentarios esta tesis.

Biol. Diana Herrera por su delicada y profunda revisión y aporte de consejos para detallar todos los pormenores de este trabajo.

M. en C. Cesar Ordoñez Salanueva especialmente por sus insustituibles comentarios y colaboración para detallar los fines y resultados de este trabajo, además de su paciencia para complementarlo con importantes sugerencias.

A todos los personajes y figuras de mi vida cotidiana dentro y fuera de la FES-Iztacala, que directa o indirectamente ayudaron a concluir este trabajo.

DEDICATORIAS

Dedicado a mis padres y a mi familia

Con respeto y admiración a quienes que con su generosidad, apoyo, cariño, protección, comprensión y paciencia, debo gran parte de lo soy y a quienes espero, haber correspondido con honestidad.

A la vida

A la Biología, Geografía e Historia, que siempre serán mis amores hasta el último de mis días

En memoria de *El Rey del Martinete, El Fiscal de Hierro, El Rey de la Oscuridad: ABISMO NEGRO (1971-2009)*

A los personajes reales y ficticios que me acompañaron en esta etapa de mi vida, agradeciéndoles que fueran mis bases de apoyo para que juntos pudiéramos poner al mundo de otro modo, el cual no se ha acabado de acomodar y que va a haber que hacer muchas cosas para que acabe de caer bien; pero cuando menos no está como estaba antes... por ahora nos vamos, ya podemos continuar con otra etapa. Me voy y no con las manos vacías, las llevo llenas de todas las manos que estreché, las manos que saludé de cerca o de lejos, las que me escribieron letras y palabras de apoyo y aliento.

Gracias Universidad, gracias FES-Iztacala, gracias profesores, gracias amigos, gracias compañeros, gracias colegas, gracias camaradas, gracias compas, gracias testigos; aquí les dejo esta humilde aportación.

“Un libro abierto es un cerebro que habla; cerrado, un amigo que espera; olvidado, un alma que perdona; destruido, un corazón que llora”- PROVERBIO HINDU

ÍNDICE

RESUMEN	1
1. INTRODUCCIÓN	3
2. ANTECEDENTES.....	5
2.1 Ubicación taxonómica de <i>Stenocereus pruinosus</i> (Otto) F. Buxbaum.....	5
2.2 Descripción morfológica de <i>Stenocereus pruinosus</i> (Otto) F. Buxbaum... ..	6
Foto 1. <i>Stenocereus pruinosus</i> en huerto familiar de Venta Salada, Coxcatlán Puebla.	6
2.3 Distribución y hábitat.....	7
2.4 Usos.....	7
2.5 Importancia de las cactáceas y las semillas	8
2.6 Conservación de las semillas en almacenamiento.....	8
2.7 Clasificación de las semillas de acuerdo a su comportamiento en almacenamiento	9
2.7.1 Semillas ortodoxas.....	9
2.7.2 Semillas recalcitrantes	10
2.7.3 Semillas intermedias.....	11
2.8 Almacenamiento “artificial” de semillas	11
2.9 Protocolo de almacenamiento.....	12
2.10 Factores que influyen en el almacenamiento de las semillas	14
2.11 Humedad	14
2.12 Temperatura	15
2.13 Relación entre la humedad y la temperatura	16
3. Objetivos	17
4. METODOLOGÍA.....	18
4.1 Zona de recolección.....	18
4.2 Recolección de semillas	19
4.3 Germinación	19
4.4 Prueba de viabilidad de las semillas con tetrazolio.....	19
4.4.1 Criterios del patrón de tinción de la prueba de viabilidad	20
4.5 Tipo de Comportamiento de la semilla en almacenamiento	20
4.5.1 Contenido de humedad de las semillas.....	21
4.5.2 Determinación del comportamiento: Ortodoxo, recalcitrante ó intermedio de las semillas.....	21
4.6 Almacenamiento de las semillas durante seis meses.....	22
5. RESULTADOS.....	24
5.1 Contenido de Humedad de la semilla	24
5.2 Determinación del comportamiento de almacenamiento	24
5.2.1 Resultados de viabilidad y germinación de las semillas almacenadas durante 3 meses	25
5.3 Resultados de viabilidad y germinación de las semillas almacenadas durante 6 meses	26
5.3.1 Germinación de las semillas sin deshidratar	26
5.3.1.2 Viabilidad de las semillas sin deshidratar.....	27
5.3.1.3 Semillas muertas durante el almacenamiento.....	28
5.3.2 Germinación de las semillas deshidratadas al 6.5%.....	30

5.3.2.1 Viabilidad de las semillas deshidratadas al 6.5%.....	31
5.3.2.2 Semillas muertas durante el almacenamiento.....	32
5.3.3 Germinación de las semillas deshidratadas al 10%.....	34
5.3.3.1 Viabilidad de las semillas deshidratadas al 10%.....	35
5.3.3.2 Semillas muertas durante el almacenamiento.....	36
5.4 Comparación entre los tratamientos de almacenamiento.....	38
5.5 Supervivencia de las plántulas	39
6. DISCUSIÓN	41
7. CONCLUSIONES.....	49
8. BIBLIOGRAFÍA	51
ANEXO 1. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	57
ANEXO 2. FOTOGRAFÍAS.....	60
Foto 2. Morfología de <i>Stenocereus pruinosus</i>	60
Foto 3. Fruto maduro de <i>Stenocereus pruinosus</i> en Venta Salada, Coxcatlán, Puebla.	60
Foto 4. Flor abierta de <i>Stenocereus pruinosus</i> en Venta Salada, Coxcatlán, Puebla.	61
Foto 5. Semillas extraídas del fruto de <i>Stenocereus pruinosus</i>	61
Foto 6. Embriones de las semillas <i>Stenocereus pruinosus</i> teñidos con la solución de tetrazolio.	62
Foto 7. Semillas de pitaya sembradas en agar higroscópico	62
Foto 8. Semillas de pitaya almacenadas en ampolleta	63
Foto 9. Semillas de pitaya almacenadas en tubo de ensaye	63
Foto 10. Plántulas sobrevivientes de los tratamientos de semillas almacenadas durante 2 meses: Sin deshidratar A)-18°C, B) 4°C, C) temperatura ambiente. D) deshidratadas 6.5% a temperatura ambiente, deshidratadas 10% a E) 4°C y F) temperatura ambiente.	64
Foto 11. Plántulas sobrevivientes de los tratamientos de semillas almacenadas durante 4 meses: Sin deshidratar: A) -18°C, B) 4°C, C) temperatura ambiente. Deshidratadas 6.5% D) 4°C, E) Temperatura ambiente, Deshidratadas 10% F) 4°C y G) temperatura ambiente	65
Foto 12. Plántulas sobrevivientes de los tratamientos de semillas almacenadas durante 6 meses: Sin Deshidratar A) -18°C, B) 4°C, C) temperatura ambiente, Deshidratadas 6.5% D) -18°C, E) 4°C, F) temperatura ambiente. Deshidratadas 10% G) -18°C, H) 4°C y I) temperatura ambiente. ..	66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Protocolo de Hong y Ellis (1996) para determinar el comportamiento de almacenamiento de semillas.....	13
Figura 2. Localización de la zona de recolección de frutos	18
Figura 3. Germinación y viabilidad de las semillas de <i>Stenocereus pruinosus</i> a diferente contenido de humedad, Promedio \pm ds (n = 5).....	25
Figura 4. Resultados de las semillas de <i>Stenocereus pruinosus</i> almacenadas a -10°C deshidratadas a 5% .Promedio \pm ds (n = 5)	25
Figura 5. Resultados de las semillas de <i>Stenocereus pruinosus</i> almacenadas a temperatura ambiente deshidratadas a 5% .Promedio \pm ds (n = 5).....	26
Figura 6. Resultados de la germinación de las semillas de <i>Stenocereus pruinosus</i> almacenadas seis meses, sin deshidratar a diferentes temperaturas. Promedio \pm ds, (n =5).	26
Figura 7. Resultados de la viabilidad de las semillas de <i>Stenocereus pruinosus</i> almacenadas sin deshidratar a diferentes temperaturas, durante seis meses. Promedio \pm ds (n =5).....	27
Figura 8. Resultados de las semillas muertas almacenadas, sin deshidratar en las diferentes condiciones: a) -18°C, b) 4°C y c) temperatura ambiente.	29
Figura 9. Resultados de la germinación de las semillas de <i>Stenocereus pruinosus</i> deshidratadas a 6.5% y almacenadas durante seis meses. Promedio \pm ds (n =5).	30
Figura 10. Resultados de la viabilidad de las semillas de <i>Stenocereus pruinosus</i> almacenadas, deshidratadas a 6.5%, durante seis meses. (n = 100 semillas).....	31
Figura 11. Resultados de las semillas muertas almacenadas, deshidratadas a 6.5%, en las diferentes condiciones: a) a -18°C; b) a 4°C; c) a temperatura ambiente.....	33
Figura 12. Resultados de la germinación de las semillas de <i>Stenocereus pruinosus</i> deshidratadas a 10% y almacenadas durante seis meses. Promedio \pm ds (n =5)	34
Figura 13. Resultados de la germinación de las semillas de <i>Stenocereus pruinosus</i> almacenadas deshidratadas 10% durante seis meses. Promedio \pm ds (n =5).	35
Figura 14. Resultados de las semillas muertas almacenadas deshidratadas a 10%, durante su almacenamiento en las diferentes condiciones:.....	37

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Distribución de los tratamientos para el almacenamiento de las semillas de <i>Stenocereus pruinosus</i> y sus respectivas repeticiones (r).....	23
Cuadro 2. Características de los frutos de <i>Stenocereus pruinosus</i> (n= 10)	24
Cuadro 3. Resultados de las plántulas de <i>Stenocereus pruinosus</i> obtenidas de las semillas almacenadas en las diferentes condiciones.	40
Cuadro 4. ANOVA de dos factores para las semillas de <i>Stenocereus pruinosus</i> almacenadas durante tres meses a temperatura de -10°C y temperatura ambiente.	57
.....	57
Cuadro 5. Prueba de Tukey para las semillas de <i>Stenocereus pruinosus</i>	57
Cuadro 6. ANOVA de tres factores para las semillas de <i>Stenocereus pruinosus</i> almacenadas durante seis meses	58
Cuadro 7. Prueba de Tukey para las semillas de <i>Stenocereus pruinosus</i> almacenadas durante seis meses	58

RESUMEN

Para la preservación de la flora, se han buscado técnicas tanto *in vitro* como *ex situ* que permitan la conservación de la variabilidad genética de los organismos; el almacenamiento de semillas, permite esto a mediano y largo plazo; mediante la previa determinación del comportamiento de la semilla en almacenamiento, lo cual ayuda a establecer las condiciones en las que será conservada. Las cactáceas, endémicas del continente americano, son altamente apreciadas en el mundo por su forma, color y tamaño, así como por sus frutos comestibles, *Stenocereus pruinosus* es una cactácea cuyos frutos conocidos como “pitayas” representan un recurso importante que debe ser conservado, por lo que el objetivo de este trabajo fue determinar el comportamiento de las semillas de *Stenocereus pruinosus* en almacenamiento. Se colectaron frutos en la localidad de Venta Salada, los cuales se midieron y pesaron, se les extrajeron las semillas determinando: su contenido de humedad, germinación y viabilidad con tetrazolio al 0.2%, posteriormente las semillas fueron secadas a 12 % y 5%, evaluando viabilidad y germinación, y se almacenaron deshidratadas al 5% a -10°C y a temperatura ambiente ($22^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$) durante 3 meses. Posteriormente otro lote de semillas fue deshidratado a 6.5 y 10% y conservadas a -18°C, 4°C y temperatura ambiente, por un periodo de seis meses. Para la germinación se colocaron 20 semillas con cinco repeticiones en cajas petri con agar al 1%, fotoperiodo de 12 h luz/oscuridad y temperatura diurna de $32 \pm 2^{\circ}\text{C}$ y nocturna de $21 \pm 2^{\circ}\text{C}$. Resultados: los frutos presentaron una longitud de 8.52 cm, con un peso de 167.53 g y un número de 1425 semillas. Las semillas mostraron $64\% \pm 0.941$ de contenido de humedad. La germinación para las semillas almacenadas a -10°C se incrementó de 48% a 87% y la viabilidad fue de 89%; a temperatura ambiente la viabilidad fue de 80% y la germinación de 52% durante los 3 meses. A seis meses de almacenamiento, semillas sin deshidratar presentaron el mayor porcentaje de germinación (91%) a los 2 meses de almacenamiento, las semillas deshidratadas a 6.5% y conservadas a -18°C presentaron germinación de 92% y a temperatura ambiente 11%. En semillas deshidratadas al 10% la germinación se mantuvo constante en las tres diferentes

temperaturas. La sobrevivencia de las plántulas obtenidas en los diferentes tratamientos fue de 257 para las semillas almacenadas durante 2 meses, 250 para 6 meses y 222 para 4 meses. De acuerdo al protocolo utilizado para conocer el tipo de comportamiento se determinó que las semillas de *Stenocereus pruinosus* son posiblemente ortodoxas, y que una porción de las semillas presento latencia innata que se suprimió con baja temperatura.

Palabras clave: *Stenocereus pruinosus*, almacenamiento, deshidratación, germinación, viabilidad, sobrevivencia.

1. INTRODUCCIÓN

Aproximadamente 50% del territorio mexicano se encuentra dentro de los climas áridos y semiáridos (Llamas, 1984 citado por Barbosa *et al.*, 2008), donde la vegetación predominante esta representada por matorral xerófilo. En México, el matorral xerófilo ocupa cerca del 40% de la superficie, se presenta prácticamente en cualquier condición topográfica, sustrato geológico y tipo de suelo, condición que influye en la composición florística, distribución y abundancia de las especies así como la fisonomía de la comunidad, no posee un dosel vegetal exuberante, sus principales componentes lo integran las familias Compositae, Gramineae y Cactaceae; siendo ésta última la dominante fisonómicamente (Huerta, 1998). En las zonas que ocupan estas comunidades las condiciones no son favorables para el crecimiento, por lo que las plantas que ahí habitan poseen estrategias complejas que les permiten vivir en estas áreas (Rzedowski, 1991).

Las cactáceas son plantas autóctonas del continente americano, distribuidas principalmente en las regiones áridas y semiáridas (Arias, 1997 citado por Ayala *et al.* 2004), aunque también crecen en áreas intertropicales y tropicales húmedas, donde algunas viven como epifitas (Bravo-Hollis y Scheinvar, 1995 citado por Ayala *et al.* 2004). Esta familia cuenta con cerca de 2000 especies, de las cuales México posee de entre 800 a 1000 especies, de quienes a su vez aproximadamente el 85% son endémicas de nuestro país (Bravo-Hollis, 1978; Rojas-Arechiga, 1995, Reyes *et al.* 2003 citado por Reyes, 2006).

Dentro de las cactáceas se ubican especies tanto en peligro de extinción como aquellas que requieren protección especial, otras producen frutos comestibles de importancia económica, como es el caso de *Stenocereus pruinosus* cuyos frutos tienen una gran demanda como fruta fresca, y en menor escala para la elaboración de mermelada, pulpa concentrada, bebidas refrescantes y helados (Rebollar *et al.* 1998), lo que representa un recurso alimenticio importante, para los pobladores de las zonas donde se encuentran estas especies, aunado a su importancia ecológica, resulta muy importante la conservación de estos organismos.

En la conservación de los recursos vegetales, tanto de las especies cultivadas como de las especies silvestres, se han buscado técnicas tanto *in situ* como *ex situ* que permitan la conservación de la variabilidad genética de los organismos a bajo costo.

De acuerdo con Reyes (2006), la conservación de las especies vegetales requiere de mecanismos *ex situ*, dentro de los cuales uno de los más exitosos es la propagación “artificial” por los medios tradicionales como son: por semilla y reproducción vegetativa. Asimismo la conservación *ex-situ* complementa en forma importante las actividades del manejo *in-situ*.

Por otra parte los bancos de semillas representan una de las formas más efectivas para conservar la diversidad genética *ex-situ*, al mismo tiempo permiten el desarrollo de: protocolos de germinación, técnicas de propagación etc., que contribuyen al uso potencial de las especies y las protegen contra las amenazas a las que están expuestas *in situ* (Gold y Way, 2004).

El conocimiento acerca de la fisiología de la germinación y el comportamiento de la semilla en almacenamiento, de cactáceas como *Stenocereus pruinosus* (pitaya roja), dado su utilidad potencial y valor económico, se requiere no únicamente para incrementar su reproducción y cultivo, sino para su conservación, así como su aplicación en la reforestación de zonas áridas naturales o desertificadas (Martínez-Cárdenas *et al.* 2006). De ahí, el interés por la conservación artificial y el establecimiento de esta especie.

2. ANTECEDENTES

2.1 Ubicación taxonómica de *Stenocereus pruinosus* (Otto) F. Buxbaum

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Caryophyllales

Familia: Cactaceae

Subfamilia: Cactoideae

Tribu: Pachycereeae

Género: *Stenocereus*

Especie: *Stenocereus pruinosus*

El género *Stenocereus* (Berger) Riccob comprende un grupo heterogéneo de cactus distribuidos desde el sur de Arizona hasta el norte de Colombia y Venezuela (Anderson, 2001; Terrazas *et al.* 2005, citados por Villalobos *et al.* 2007). Cuenta con 22 a 24 especies, de las cuales de 17 a 20 se encuentran en México, y ocho de éstas son cultivadas en el centro sur del país (Gibson y Horak, 1978; Sánchez-Mejorada, 1984 citado por Luna *et al.* 2001) de hábitos diversos que van desde rastreros, formadores de colonias, hasta arbustivos cande lariformes (Gibson, 1989; Anderson, 2001; Areces, 2004 citados por Villalobos *et al.* 2007). A este taxón pertenecen las plantas conocidas como pitayas, cuyos frutos son aprovechados para consumo humano. Todas habitan en bosques tropicales caducifolios y en matorrales xerófilos del neotrópico (Gibson y Horak, 1978; Pimienta Barrios, 1999 citados por Villalobos *et al.* 2007). En algunos países como México, Perú y Venezuela, se fabrican un sin número de productos que incluyen mermeladas, jaleas y encurtidos comercializados nacional e internacionalmente (Emaldi *et al.* 1997; Pimienta Barrios, 1999 citados por Villalobos *et al.* 2007).

2.2 Descripción morfológica de *Stenocereus pruinosus* (Otto) F. Buxbaum

Stenocereus pruinosus (Otto) F. Buxbaum, comúnmente llamada “pitaya de mayo” es una cactácea columnar de morfología arborescente (Foto 1) con tronco bien definido ramoso de 5 a 6 metros de alto, ramas de 8-10 cm de ancho verde oscuras (Anexo 2, Foto 2), presenta frutos de 4 a 8 cm de largo, ovoides, rojos-púrpura o anaranjados verdosos, aréolas con espinas de 1 cm de largo, décidas, pulpa roja a púrpura (Anexo 2, Foto 3). La flor es de color crema a rosada abre sólo una noche produciendo en promedio 1.31 ml de néctar por flor (Cortés- Díaz, 1997). Las flores son de 7-10 cm. de longitud infundibuliformes que crecen en los ápices de las ramas (Anexo 2, Foto 4)., con tepalos verdes parduscos externos y tepalos blancos internos (Parra *et al.*, 1998) Sus semillas son pequeñas de 2.5 a 3 mm de largo y 1.8 mm de ancho (Anexo 2 Foto 5), presentan un amplio hilio basal, testa negra con intersticios no punteados (Bravo, 1978; Huerta, 1998 citado por García, 2000)



Foto 1. *Stenocereus pruinosus* en huerto familiar de Venta Salada, Coxcatlán Puebla.

2.3 Distribución y hábitat

Presenta una amplia distribución en estados como Chiapas, Guerrero, Oaxaca, Puebla, San Luis Potosí, Tamaulipas, Veracruz, Yucatán (Guzmán *et al.* 2007) formando parches en los diferentes tipos de vegetación como la Selva Baja Espinosa Perennifolia y la Selva Baja Caducifolia (Osorio, 1996). Esta planta se desarrolla a elevaciones que van de los 800 a los 1900 msnm. La intensidad de la floración es variable a lo largo del periodo fértil de la planta (enero- abril) presentando su máximo en febrero con un promedio de 28 flores por individuo (Cortés-Díaz, 1997). La fructificación se inicia a principios de abril y su máximo ocurre entre mayo y junio. La pitaya es una especie que además de encontrarse formando parte de huertos familiares, es posible localizarla junto con la vegetación nativa contribuyendo a la biodiversidad de la zona (Martínez-Cárdenas *et al.* 2006)

2.4 Usos

Stenocereus pruinosus tiene usos múltiples, principalmente el consumo de su fruto y semilla, además del aprovechamiento de los tallos para cercas vivas, control de erosión y como combustible; asimismo, se han documentado factores que representan presiones humanas de selección e indicios del proceso de domesticación (Luna *et al.* 2001).

El fruto tiene una alta aceptación a nivel local y regional en el Valle de Tehuacán y en la Mixteca donde sus frutos tienen una gran demanda como fruta fresca y en menor escala son utilizados para la elaboración de bebidas refrescantes, helados y mermeladas (Rebollar *et al.* 1998), es conocido nacional e internacionalmente y consumido como fruto exótico, en los lugares donde no existe la especie (Flores *et al.* 1991). Asimismo, por su contenido de diversas sustancias como mucílagos, pigmentos y sustancias con propiedades antibióticas, se considera de aplicaciones potenciales en diversas ramas de la industria.

2.5 Importancia de las cactáceas y las semillas

Las cactáceas por su belleza, formas de vida, espinas y el colorido de sus flores y frutos, son organismos altamente apreciados en diversos países, sin embargo, en México la mayor parte de la población no valora esta riqueza, lo que ha contribuido a que diversas poblaciones naturales se vean disminuidas por una recolección indiscriminada y excesiva, además de ver afectada su reproducción tanto vegetativa como por semilla (García, 2000). Diferentes puntos de vista señalan que la semilla es fundamental para la reproducción, dispersión, protección y conservación de las especies ya que mantiene la variabilidad genética de los organismos. Además representa el estado más tolerante a la desecación, con mecanismos de dispersión que le permite evadir la depredación. Por otro lado, algunas semillas pueden permanecer viables por largo tiempo en condiciones adecuadas, ya sean naturales o artificiales, lo cual es de gran importancia para la subsistencia y conservación de sus poblaciones (Moreno, C. 1996).

2.6 Conservación de las semillas en almacenamiento

Debido a la gran escala de destrucción del hábitat natural, en las últimas décadas se ha incrementado de manera progresiva el esfuerzo por conservar las especies silvestres y cultivadas en grandes bancos de semillas, donde son almacenadas a baja temperatura y contenido de humedad; condiciones que permiten prolongar su viabilidad para su uso en el futuro. La utilidad de dichos bancos en la conservación de las semillas se ha atribuido a que estos permiten el acceso inmediato al material para: investigación, evaluación de sus propiedades medicinales, nutritivas y genéticas, además de facilitar los estudios para la conservación de las poblaciones naturales de las especies y protegerlas de la destrucción de su hábitat, enfermedades y predadores (Schoen y Brown, 2001 citado por Gold y Way, 2004). La importancia del almacenamiento de la semilla quedó de manifiesto desde que el hombre comenzó a domesticar a las plantas, la duración del almacenamiento dependerá de los objetivos y de la especie, ya que la longevidad varía grandemente entre las especies y dentro de la especie; debido a las diferencias en su genotipo y procedencia (Hong y Ellis, 1996).

2.7 Clasificación de las semillas de acuerdo a su comportamiento en almacenamiento

Para clasificar a las semillas que presentan diferente potencial de viabilidad en almacenamiento se utiliza el término “comportamiento” palabra que corresponde a la traducción en español de behaviour utilizada por Hong y Ellis (1996) en su publicación “A protocol to determine seed storage behaviour”, si bien el término no es propiamente aplicado a las plantas, es utilizado por diversos autores como Rao *et al.* (2007), Martínez-Cárdenas *et al.* (2006) y Bewley (1997) para referirse a los cambios fisiológicos y bioquímicos que conservan o disminuyen la longevidad de la semilla en almacenamiento.

Existen diferentes clasificaciones de las semillas, según la duración potencial de su viabilidad. De acuerdo con el Laboratorio de Semillas de la Universidad de Reading, Reino Unido, las semillas se clasifican en tres categorías: ortodoxas, recalcitrantes e intermedias (Vázquez-Yanes *et al.* 1997).

2.7.1 Semillas ortodoxas

Estas semillas pueden ser desecadas hasta contenidos de humedad muy bajos sin sufrir daños, al menos hasta un nivel de humedad constante que se mantenga en equilibrio con una humedad ambiental relativa de 10%. Su longevidad aumenta cuando disminuye el contenido de humedad y la temperatura, durante el almacenamiento, en una forma cuantificable y predecible (Vázquez-Yanes *et al.* 1997). Son semillas cuyo tamaño va de pequeñas a medianas, a menudo con una testa dura; con frecuencia presentan latencia y su actividad metabólica se reduce al mínimo cuando son almacenadas. Predominan en ambientes áridos y semiáridos y son pioneras en ambientes húmedos, también prevalecen en especies de altura de zonas templadas y tropicales, abarcando familias como Myrtaceae, Leguminosae, Pinaceae y Casuarinaceae.

2.7.2 Semillas recalcitrantes

En contraste con las semillas ortodoxas, las recalcitrantes no pueden ser desecadas por debajo de 10% en el contenido de humedad sin causarles daño. A pesar de que existe gran variación en el contenido de humedad crítico entre las especies, bajo el cual la viabilidad se reduce, algunas especies comienzan a morir rápidamente aún en equilibrio con una humedad relativa ambiental de 98-99%, y la mayoría de las semillas muere cuando su contenido de humedad está en equilibrio con una humedad ambiental de 30-60% (que corresponde a un contenido de humedad de 16-30% sobre el peso fresco de la semilla). Todavía no existe una técnica satisfactoria para mantener la viabilidad de las semillas de estas especies, en particular las de origen tropical, por arriba de un periodo corto, menor a un año (Vázquez-Yanes *et al.* 1997).

Las semillas recalcitrantes son semillas que poseen una humedad elevada (80%) y pierden su viabilidad cuando ésta es reducida, entre estas se encuentran; semillas de encinos, nogales, araucarias, avellano y bellotos; las cuales pueden ser almacenadas en húmedo, por no más de un año. Otras semillas pueden ser incluso más sensibles a la pérdida de humedad, por lo que no toleran ser almacenadas más allá de unos días; por ejemplo semillas de frutos carnosos como arrayanes, lumas y murtillas (Hartmann y Kester, 1988). Son semillas por lo general de tamaño mediano a grandes y pesadas, lo que se atribuye en parte a su alto contenido de humedad; latencia ausente, maduración y germinación más o menos continua y actividad metabólica normal cuando son almacenadas. Son semillas frecuentes en climas cálidos y húmedos, especialmente de selvas tropicales y manglares, algunas especies de climas templados y muy pocas de zonas secas, abarcando familias como Dipterocarpaceae, Rhizophoraceae, Meliaceae y los géneros *Artocarpus*, *Araucaria*, *Madhuca*, *Triplochiton*, *Vitellaria*, *Agathis*, *Syzygium* y *Quercus*.

2.7.3 Semillas intermedias

Una tercera categoría de comportamiento de las semillas en almacenamiento ha sido demostrada con semillas de café, palma aceitera, papaya y neem. La principal característica de este comportamiento es cierta sensibilidad a la desecación hasta un nivel de humedad relativamente bajo de 7

a 10% (en equilibrio con una humedad relativa ambiental de 30-50%). Sin embargo, la longevidad de las semillas secas de origen tropical se reduce en temperaturas bajas (por debajo de 5°C) y temperaturas bajo cero. Por esto, las condiciones ideales para el almacenamiento a largo plazo de semillas ortodoxas (5% de contenido de humedad, -18°C) son potencialmente dañinas para las semillas intermedias y no deben usarse ya que les provoca la muerte en pocos meses. A pesar de esto, es posible almacenar las semillas intermedias por periodos de alrededor de 10 años, desecándolas hasta un 7-10% de contenido de humedad, y manteniéndolas a temperatura de laboratorio (Vázquez-Yanes *et al.* 1997).

2.8 Almacenamiento “artificial” de semillas

Para poder almacenar semillas en condiciones artificiales, en primer lugar debe disminuirse su contenido de humedad, en general, para que una semilla sobreviva a la desecación a que se le somete, la pérdida de humedad debe ser lenta y a temperaturas bajas. Cambios bruscos en el contenido de humedad hacen que la membrana celular se rompa, liberando el citoplasma y produciendo la muerte de la célula. Posteriormente debe almacenarse a bajas temperaturas y evitar fluctuaciones del ambiente (temperatura y humedad) en que se mantiene.

De esta manera, al almacenar semillas se recomienda en primer lugar bajar el contenido de humedad lentamente hasta alcanzar un valor de 4-6%. Esto se logra colocando las semillas en una corriente de baja humedad hasta que alcancen el nivel deseado. Después se colocan las semillas en contenedores que se cierran herméticamente, en compañía de alguna sustancia deshidratante como gel de sílice. Se guardan en refrigeradores o cuartos fríos a temperaturas constantes entre -10 y -20°C (Vázquez-Yanes *et al.* 1997).

2.9 Protocolo de almacenamiento

En la conservación de las semillas es importante seguir los procedimientos adecuados que permitan a corto, mediano y largo plazo el

mantenimiento de la viabilidad y calidad de las semillas, de manera eficiente, que garanticen la máxima longevidad. Para determinar las condiciones de almacenamiento se deben considerar la tolerancia: a la deshidratación a bajos contenidos de humedad (10,7.5 y 5%) y a temperaturas bajas (10, 5,0 y -20°C), así como realizar investigaciones sobre la sobrevivencia de las semillas en diferentes condiciones de almacenamiento (Figura 1).

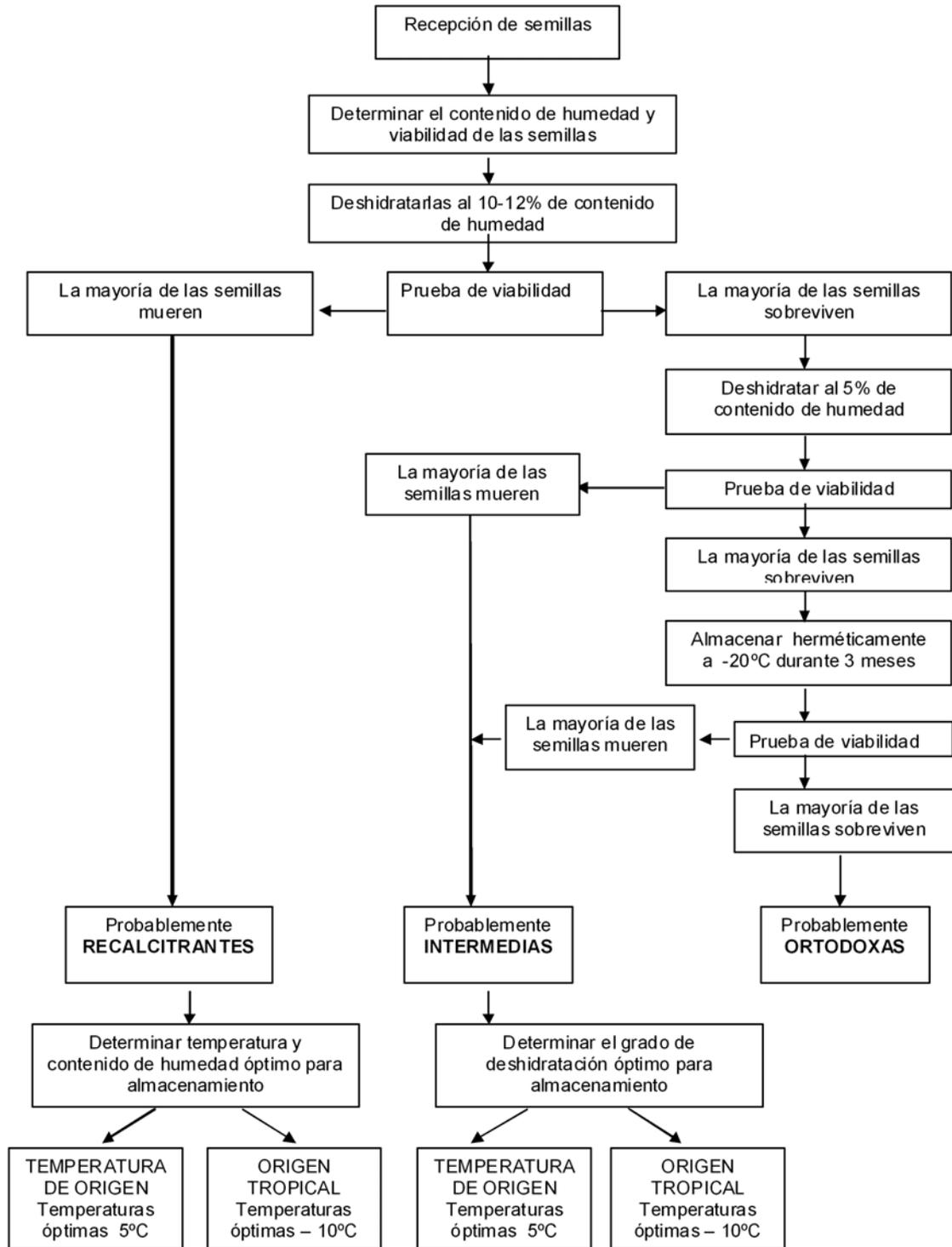


Figura 1. Protocolo de Hong y Ellis (1996) para determinar el comportamiento de almacenamiento de semillas.

2.10 Factores que influyen en el almacenamiento de las semillas

Dentro de los factores que determinan la conservación de la longevidad de las semillas en condiciones de almacenamiento se encuentran la humedad y la temperatura:

2.11 Humedad

El contenido de humedad de las semillas es la cantidad de agua que hay en una semilla, el agua está presente tanto en forma libre como combinada con los compuestos químicos de las células, como los carbohidratos y las proteínas (Rao *et al.* 2007), por lo general se expresa como un porcentaje de peso húmedo de las semillas de acuerdo con la Asociación Internacional de Pruebas de Semillas (ISTA, 1985).

El contenido de humedad es el factor más importante para determinar la velocidad a la cual las semillas se deterioran, y tiene un impacto considerable en la longevidad de las semillas almacenadas en un banco de germoplasma. Incluso pequeños cambios en el contenido de humedad tienen un gran efecto en la vida en almacenamiento. Por lo tanto es importante determinar el contenido de humedad antes de almacenar las semillas para predecir con exactitud el potencial de vida que tendrá cada muestra (Rao *et al.* 2007).

Las semillas sumamente sensibles a la deshidratación pueden ser dañadas por la disminución del contenido de humedad a menos del 50-60 %. Sin embargo, aún la semilla más recalcitrante puede ser secada al contenido de humedad del 12-17 % y almacenada al menos durante varios meses (Hong y Ellis, 1996), y para las semillas consideradas intermedias, se utiliza alguno de los intervalos entre el ortodoxo y el recalcitrante. Por lo que el porcentaje de humedad debajo del cual ocurre daño irreversible por deshidratación es denominado Límite Máximo de Decremento del Contenido de Humedad, (LSMC por sus siglas en inglés).

Asimismo se ha encontrado (Walters *et al.* 2001) que un decremento superior del límite del contenido de humedad, en las semillas ortodoxas pueden experimentar daños indirectos tales como:

- La sensibilidad al daño mecánico debido a que el agua estructural desaparece y los embriones se hacen 'más frágiles'.
- Daño por imbibición; en particular una tasa de imbibición lenta parece potencialmente dañar a las semillas muy secas.

Siendo la deshidratación un factor importante en la conservación de las semillas, se han desarrollado técnicas que llevan a cabo este proceso entre las que se encuentran: el uso de corrientes de aire desde 30°C hasta >40°C, secado con gel de sílice, cloruro de calcio anhidro, soluciones salinas saturadas, así como el uso de deshumificadores.

Otros métodos también recomendados son el uso de refrigerador de descongelación automática, cuyo mecanismo de autodescongelación mantiene la humedad relativa baja entre 10 y 40% y el secado a la sombra; en ambientes donde la humedad relativa es baja, menor a 40% (Rao *et al.* 2007).

2.12 Temperatura

La temperatura influye en procesos bioquímicos, el grado biológico óptimo radica en la temperatura ambiente. En la práctica, entre más baja sea la temperatura, más despacio los procesos y así es más lento el deterioro. Temperatura baja (entre 4 y 10°C) inactiva la mayor parte de insectos de semilla y hongos de almacenaje. Sin embargo, temperaturas muy bajas pueden ser perjudiciales para la semilla húmeda, por ejemplo en las semillas tropicales recalcitrantes; la formación de cristales de hielo en temperatura bajo cero, reduce los procesos metabólicos esenciales (Pritchard *et al.* 2004). Para la semilla sensible a la temperatura, el principio de daño ocurre a los 20°C aproximadamente. La alta temperatura junto con el alto contenido de humedad acelera el envejecimiento (Bewley, 1997).

2.13 Relación entre la humedad y la temperatura

El potencial de almacenaje esta estrechamente unido a la capacidad de desarrollar y mantener una condición de inactividad fisiológica durante el almacenamiento. Las condiciones 'ideales' son aquellas que reducen la actividad fisiológica: generalmente baja temperatura y bajo contenido de humedad. Por lo que es necesario el establecimiento de las condiciones específicas para cada especie y en especial para las cactáceas ya que presentan lento crecimiento y alta mortalidad en las primeras etapas de vida, sobre todo en ambientes con limitada disponibilidad de humedad, como el Valle de Tehuacán, Puebla (Ruedas *et al.* 2000)

El almacenamiento de las semillas de acuerdo a su comportamiento permite la conservación a largo plazo, utilizando bajos contenidos de humedad y baja temperatura basado en el supuesto de Harrison (1972) quien señala que por cada 5°C en la disminución de la temperatura y 1% en el decremento del contenido de humedad, en las condiciones de almacenamiento, se incrementa su longevidad a casi el doble (Gómez- Campo, 1985, 1987).

De acuerdo a lo anterior, en el presente trabajo se realizó la evaluación del comportamiento de las semillas de *Stenocereus pruinosus*, en almacenamiento a corto plazo a baja temperatura y con diferentes niveles de deshidratación.

3. Objetivos

Objetivo general.

Evaluar las condiciones de conservación de las semillas de *Stenocereus pruinosus* (pitaya roja) a baja temperatura y diferente contenido de humedad.

Evaluar el comportamiento en almacenamiento de las semillas de *Stenocereus pruinosus*, de acuerdo al protocolo de Hong y Ellis (1996) modificado.

Objetivos particulares

- Registrar las características físicas: peso, diámetro polar, diámetro ecuatorial, peso de semillas, peso de pulpa, peso de cáscara y número de semillas, de los frutos de *Stenocereus pruinosus*.
- Determinar el efecto de la deshidratación al 5 y 12% del contenido de humedad en la viabilidad y germinación de las semillas de *Stenocereus pruinosus*.
- Determinar el efecto de la deshidratación al 5% del contenido de humedad y almacenamiento a -10°C y temperatura ambiente en la viabilidad y germinación de las semillas de *Stenocereus pruinosus*.
- Determinar si las semillas de *Stenocereus pruinosus* pueden ser almacenadas a 10 y 6.5% de contenido de humedad a 4°C, -18°C y temperatura ambiente.
- Comparar la viabilidad y capacidad germinativa de las semillas conservadas en las diferentes condiciones, durante 6 meses de almacenamiento.

4. METODOLOGÍA

4.1 Zona de recolección

La recolección de los frutos se llevo a cabo en el municipio de Coxcatlán, Puebla en la localidad de Venta Salada, la cual se ubica a $97^{\circ} 10' 47''$ Y $97^{\circ} 11' 28''$ Longitud Oeste y a los $18^{\circ} 15' 40''$ y $18^{\circ} 15' 14''$ Latitud Norte (Figura 2), su suelo presenta rocas sedimentarias y volcans sedimentarias en conglomerados; presenta dos horizontes A y C y tres tipos de textura; franco, migajón arcilloso y arcilloso arenoso, pH alcalino y ácido. Su vegetación es de tipo micrófilo y crasicuale, con dominancia fisonómica de *Escontria chiotilla* (Weber ex K. Schum.) Rose, por lo que se denomina como "Jiotillal" a este organismo se asocian otras especies de cactáceas como: *Stenocereus stellatus* (Pfeiffer) Riccobono, *Stenocereus pruinosus* (Otto) Buxbaum, *Pachycereus weberi* (Coult.) Backeb, *Myrtillocactus geometrizans* (Bravo) Backeberg, *Mammillaria carnea*, *Opuntia decumbens* Salm-Dyck, *O. pumila* Rose, *Coryphantha calipensis* Bravo, y *Ferocactus recurvus* (Mill.)Y. Ito; (Bravo, 1978; Huerta, 1998).

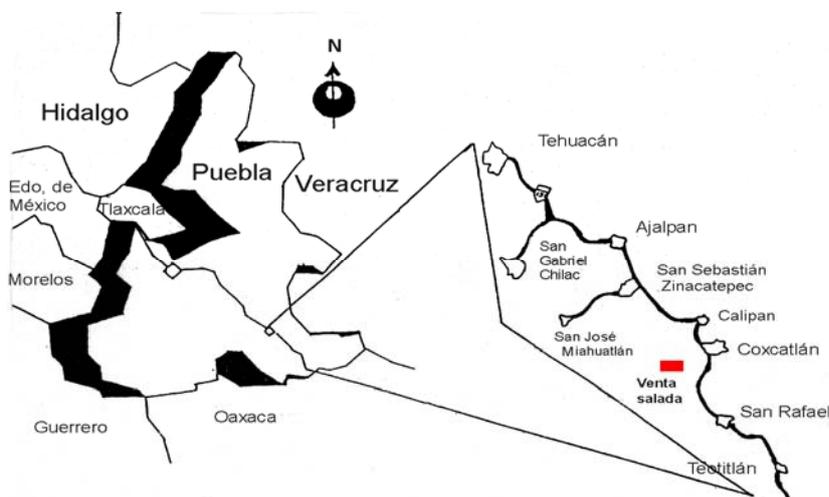


Figura 1. Localización de la zona de recolección de frutos

4.2 Recolección de semillas

Se colectaron frutos, de diferentes organismos de un huerto familiar, se seleccionó el 20% de los organismos y se procedió a elegir árboles maduros y sanos que presentaran frutos con algunos caracteres diferenciales en forma visual. Esta selección se llevó a cabo cuando el fruto se encontraba en madurez de consumo. Los frutos fueron trasladados al laboratorio donde se midieron: diámetro ecuatorial y diámetro polar con un vernier, y pesaron en una balanza vernier, posteriormente se les extrajo las semillas junto con la pulpa, se homogenizó con un poco de agua y luego se colocaron en un colador para retirar las semillas de la pulpa; la cual también fue pesada al igual que la cáscara. Las semillas fueron secadas a temperatura ambiente, contadas y pesadas en una balanza semianalítica Acculab V-1mg.

4.3 Germinación

El procedimiento general para la germinación consistió en sembrar 20 semillas con 5 repeticiones en cajas de petri con agar higroscópico al 1%. Todas las semillas fueron colocadas en cámara de crecimiento con fotoperíodo de 12 h luz/oscuridad con una intensidad luminosa promedio de $44.22 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ y temperatura máxima de $32 \pm 2^\circ\text{C}$ durante el día y mínima de $20 \pm 1^\circ\text{C}$ durante la noche.

4.4 Prueba de viabilidad de las semillas con tetrazolio

Se colocaron 100 semillas sin cubierta seminal en un frasco ámbar con una solución de cloruro de tetrazolio al 0.2% (Moreno, E., 1996) y se mantuvieron con un termoperiodo a $32 \pm 2^\circ\text{C}$ / $21 \pm 2^\circ\text{C}$ durante 48 h. Posteriormente se eliminó la solución y se enjuagaron con agua destilada y se conservaron en refrigeración hasta determinar su patrón de tinción para lo cual se observaron con la ayuda de un microscopio estereoscópico

4.4.1 Criterios del patrón de tinción de la prueba de viabilidad

Los criterios utilizados para considerar viables a las semillas de *Stenocereus pruinosus* se establecieron de acuerdo al patrón de tinción que se observó y corroboró con la germinación.

Semillas viables

Aquellas en las que:

El embrión se observó bien desarrollado, sin daño mecánico y con un color rojo uniforme.

El embrión presentó 50% de tinción de color rojo y el restante de color rosa

El embrión se observaba bien desarrollado, teñido 75% de color rosa y 25% de color rosa pálido en la parte media de la semilla.

Semillas no viables

Las semillas que presentaron uno o más de los siguientes tipos de deterioro:

Ausencia de embrión, inmaduro

Embrión sin teñir

Parte media superior o inferior del embrión sin teñir

Embrión de color café, o rosa pálido

4.5 Tipo de Comportamiento de la semilla en almacenamiento

Con el fin de determinar el comportamiento de las semillas se procedió a realizar lo siguiente:

4.5.1 Contenido de humedad de las semillas

Se colocaron 10 lotes de 100 semillas cada uno, dentro de un frasco con una proporción de 1:1 de sílica gel para deshidratar a 110°C durante 4 horas

hasta obtener su peso constante, el contenido de humedad se determinó de acuerdo a la fórmula:

$$\% H = \frac{\text{Peso fresco} - \text{peso seco}}{\text{Peso seco}} \times 100$$

4.5.2 Determinación del comportamiento: Ortodoxo, recalcitrante ó intermedio de las semillas

Se procedió conforme al protocolo establecido por Hong y Ellis (1996) con algunas modificaciones, las semillas se deshidrataron primero al 12% de su contenido de humedad y se realizó la prueba de viabilidad, de acuerdo a los resultados se procedió a deshidratar al 5%. En ambos casos el procedimiento fue de la siguiente manera:

Se colocaron 10 lotes de 100 semillas cada uno estableciendo para ello una relación 1:1 de proporción en peso de sílica gel activa, en el horno a 40°C, durante un tiempo promedio de 5 horas y media hasta obtener el contenido de humedad establecido. Posteriormente a 100 de las semillas deshidratadas se les realizó la prueba de viabilidad con tetrazolio (Anexo 2 Foto 6) y se obtuvo con esto el porcentaje de viabilidad y mortalidad.

De las semillas deshidratadas se sembraron cinco repeticiones con 20 semillas en cajas de Petri con agar higroscópico al 1% y se colocaron en la cámara de crecimiento con foto periodo de 12 h luz/ oscuridad a 32 ± 2°C día/ 21 ± 2°C noche (Anexo 2 Foto 7). De acuerdo a los resultados obtenidos las semillas fueron deshidratadas al 5% y almacenadas durante 3 meses a -10°C y temperatura ambiente (24 ± 2°C); en ampolletas donde las semillas se colocaron entre dos capas de algodón (Anexo 2 Foto 8), con sílica gel activa como indicador, las ampolletas se sellaron a la flama con un mechero Fisher, posteriormente se sumergieron en agua durante 30 min. para comprobar su hermeticidad.

Las ampollitas fueron colocadas en cajas de plástico que se almacenaron en un congelador a -10°C, evaluando su viabilidad y germinación cada mes. De acuerdo a su viabilidad y porcentaje de germinación se determinó si las semillas eran recalcitrantes, intermedias ú ortodoxas, y se procedió a establecer el protocolo de conservación *ex situ*, siguiendo las recomendaciones de Hong y Ellis (op. cit.).

4.6 Almacenamiento de las semillas durante seis meses

Posterior a la determinación del comportamiento en almacenamiento de las semillas de *Stenocereus pruinosus* se llevo a cabo lo siguiente:

Se almacenaron semillas sin deshidratar y semillas deshidratadas a 10 y 6.5 % de contenido de humedad (cuadro 1) en lotes de 200 semillas, las cuales se colocaron en tubos de ensaye con tapón hermético de látex, de la misma manera que las ampollitas (Anexo 2 Foto 9).

Para determinar el peso de las semillas al contenido de humedad deseado (CHD) se aplicó la siguiente fórmula citada por Hong y Ellis (1996):

$$\text{CHD} = \frac{(100 - \% \text{ de humedad inicial de las semillas}) \times \text{peso inicial de las semillas}}{(100 - \% \text{ de humedad deseado})}$$

Los tubos fueron colocados en cajas de plástico que se almacenaron en un refrigerador a 4°C, congelador a -18°C y a temperatura ambiente (24 ± 2°C), de acuerdo con las propuestas y recomendaciones de Cubero *et al.* (1990).

Cuadro 1. Distribución de los tratamientos para el almacenamiento de las semillas de *Stenocereus pruinosus* y sus respectivas repeticiones (r)

Tiempo (meses)	Temperatura °C	Semillas sin deshidratar	Semillas deshidratadas 10 %	Semillas deshidratadas 6.5%
2	Temp. Ambiente	5 R	5 R	5 R
	4	5 R	5 R	5 R
	- 18	5 R	5 R	5 R
4	Temp. Ambiente	5 R	5 R	5 R
	4	5 R	5 R	5 R
	- 18	5 R	5 R	5 R
6	Temp. Ambiente	5 R	5 R	5 R
	4	5 R	5 R	5 R
	- 18	5 R	5 R	5 R

Para evaluar la viabilidad bajo las condiciones de almacenamiento se sacaron los lotes respectivos de 200 semillas cada 2 meses durante 6 meses. Las semillas se aclimataron antes de ser sembradas colocando a las semillas que fueron almacenadas a 4°C, a temperatura ambiente durante 48 horas sin destapar los viales, mientras que las semillas que estuvieron a -18°C fueron puestas a refrigeración a 4°C durante 48 horas, para posteriormente colocarlas a temperatura ambiente 48 horas.

Cada lote de 200 semillas se dividido en dos partes, una de las cuales se utilizó para la prueba de germinación y la otra para evaluar viabilidad con tetrazolio. Los resultados de la germinación se transformaron al arcoseno (Reyes, 1987) y se analizaron por medio del paquete estadístico SAS® para la aplicación de análisis de varianza y prueba de comparación de medias de Tukey.

5. RESULTADOS

Las características físicas de los frutos de la pitaya indican (Cuadro 2) un peso de 150 g hasta 264.20 g, la pulpa en promedio equivale a 71.19% del peso y para la cáscara 21.19%, mientras para la semilla es de 1.8 % las cuales además presentan variación en cuanto al número ya que se registraron desde 857 a 2242 semillas por fruto.

Cuadro 1. Características de los frutos de *Stenocereus pruinosus* (n= 10)

	Peso (g)	Diámetro polar (cm)	Diámetro ecuatorial	Peso de semillas	Peso de pulpa	Peso de cáscara	No. de semillas
Promedio	183.175	8.847	6.362	3.41	130.815	38.95	1325
\pm ds	32.90	0.515	0.394	0.962	14.08	5.74	407.84

5.1 Contenido de Humedad de la semilla

Las semillas de *Stenocereus pruinosus* presentaron un contenido de humedad promedio de 64.0% \pm 1.05 en base a su peso fresco.

5.2 Determinación del comportamiento de almacenamiento

Los resultados para las semillas sin deshidratar muestran una viabilidad inicial de 92.1 % y una germinación de 85.0%. Al deshidratar las semillas al 12% la viabilidad fue de 91% y para el 5% de 80%. Mientras que la germinación para el 12% de deshidratación correspondió a 80% y para el 5% fue de 57%

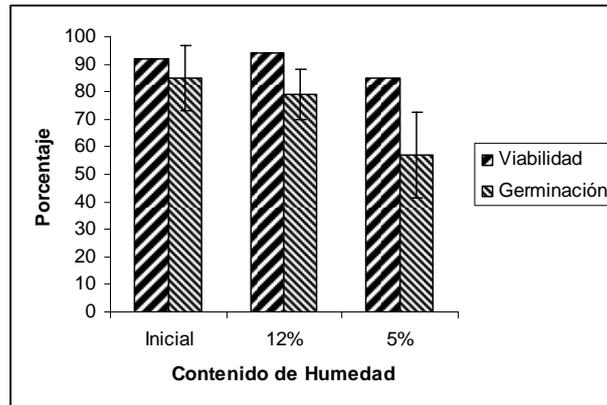


Figura 1. Germinación y viabilidad de las semillas de *Stenocereus pruinosus* a diferente contenido de humedad, Promedio \pm ds (n = 5) Viabilidad (100 semillas).

5.2.1 Resultados de viabilidad y germinación de las semillas almacenadas durante 3 meses

La viabilidad y germinación de las semillas deshidratadas al 5% y almacenadas a: una temperatura de -10°C fue 89% de viabilidad y la germinación se incrementó de 85% a 87% (Figura 4), mientras que para la temperatura ambiente la viabilidad fue de 80% con una mayor disminución en la germinación (52%), la cual se mantuvo constante en el transcurso de los tres meses de almacenamiento (Figura 5).

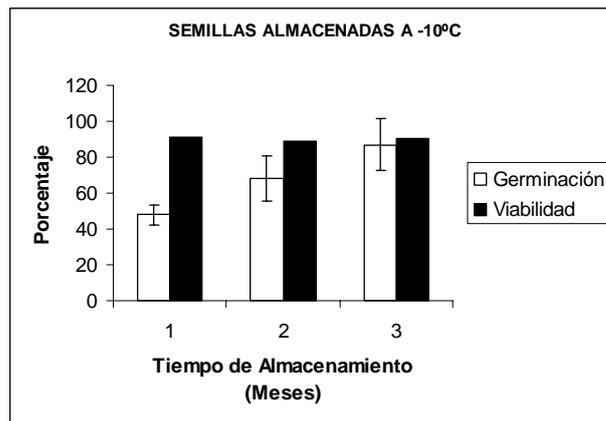


Figura 2. Resultados de las semillas de *Stenocereus pruinosus* almacenadas a -10°C deshidratadas a 5%. Promedio \pm ds (n = 5) Viabilidad (100 semillas).

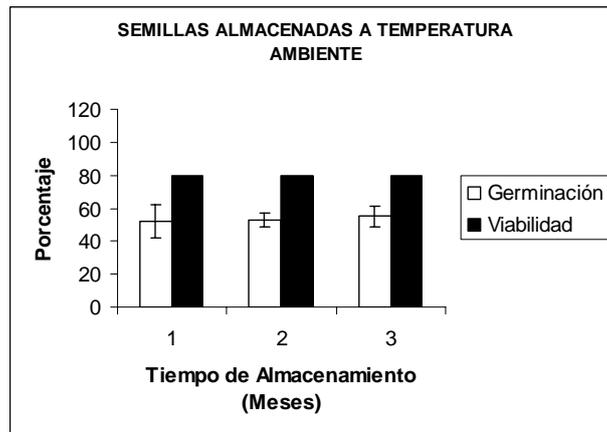


Figura 3. Resultados de las semillas de *Stenocereus pruinosus* almacenadas a temperatura ambiente deshidratadas a 5% .Promedio \pm ds (n = 5) Viabilidad (100 semillas).

5.3 Resultados de viabilidad y germinación de las semillas almacenadas durante 6 meses

5.3.1 Germinación de las semillas sin deshidratar

Las semillas almacenadas sin deshidratar (Figura 6) presentaron diferencias ($p < 0.05$) en su porcentaje de germinación entre los 4 meses (67%) y los 2 meses de almacenamiento a temperatura ambiente, donde éstas últimas presentaron el mayor porcentaje de germinación (91%)

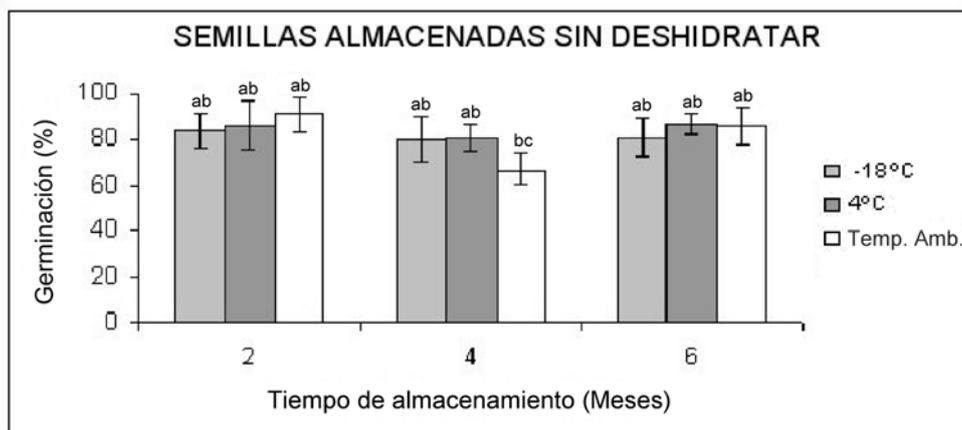


Figura 4. Resultados de la germinación de las semillas de *Stenocereus pruinosus* almacenadas seis meses, sin deshidratar a diferentes temperaturas. Promedio \pm ds, (n =5). Valores con la misma letra son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey con $\alpha \leq 0.05$

5.3.1.2 Viabilidad de las semillas sin deshidratar

La viabilidad para las semillas sin deshidratar en las diferentes temperaturas y periodos de almacenamiento (Figura 7) fue la siguiente:

2 MESES.- La viabilidad más alta se registró para las semillas almacenadas a -18°C con 99% de semillas viables, la más baja se presentó en semillas almacenadas a 4°C con el 91%

4 MESES.- El porcentaje de viabilidad más alto se presentó en semillas almacenadas a temperatura ambiente con 88% de semillas viables y el más bajo se registró en semillas almacenadas a 4°C con 85%.

6 MESES.- La viabilidad más elevada se presentó para semillas almacenadas a -18°C con 97% y la más baja fue de 88% de semillas viables almacenadas a temperatura ambiente.

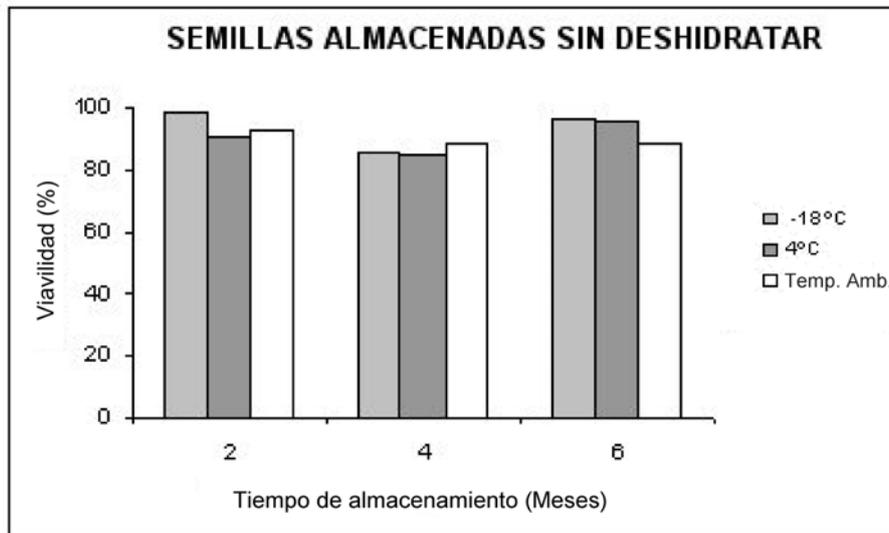


Figura 5. Resultados de la viabilidad de las semillas de *Stenocereus pruinosus* almacenadas sin deshidratar a diferentes temperaturas, durante seis meses. Promedio \pm ds (n =5).

5.3.1.3 Semillas muertas durante el almacenamiento

El porcentaje de mortalidad de las semillas almacenadas sin deshidratar fue similar en las tres condiciones; en los dos primeros meses el número vario de entre 1 y 2 el cual se incrementó a los cuatro meses de almacenamiento de 5 a 8 para disminuir al final del mismo a 1 y 3 semillas ((Figura 8 A, B, C). El mayor número de semillas muertas (12) se registró en las semillas almacenadas a 4°C.

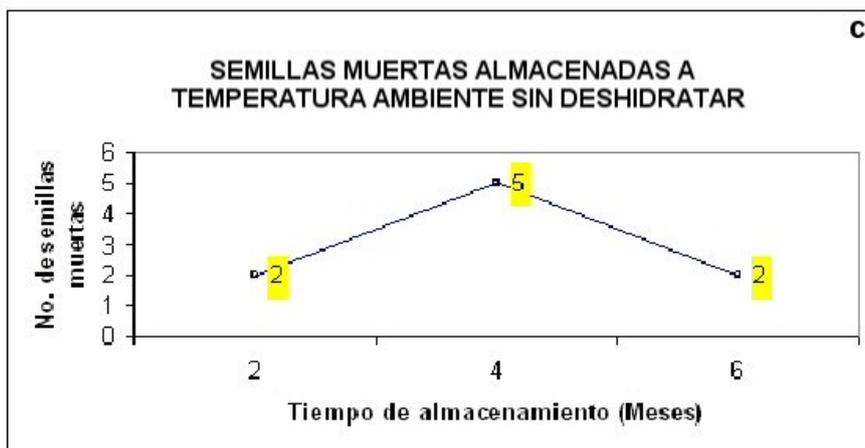
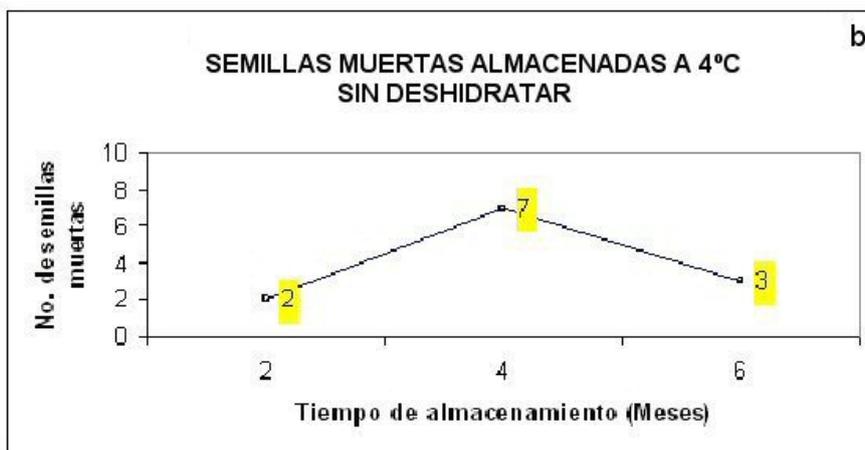


Figura 6. Resultados de las semillas muertas almacenadas, sin deshidratar en las diferentes condiciones: a) -18°C, b) 4°C y c) temperatura ambiente.

5.3.2 Germinación de las semillas deshidratadas al 6.5%

Las semillas deshidratadas al 6.5% presentan diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los porcentajes de germinación; siendo las semillas almacenadas durante 6 meses a temperatura de -18°C las que presentaron el mayor porcentaje (92%), y el menor porcentaje de germinación fue para las almacenadas durante 6 meses a temperatura ambiente con 11% (Figura 9). En general se observó que las semillas almacenadas a -18°C incrementan su germinación a lo largo del almacenamiento, mientras que la germinación de las semillas almacenadas a 4°C se mantiene constante durante los 4 primeros meses y disminuye a los 6 meses; asimismo, las semillas almacenadas a temperatura ambiente reducen su germinación en el transcurso del almacenamiento.

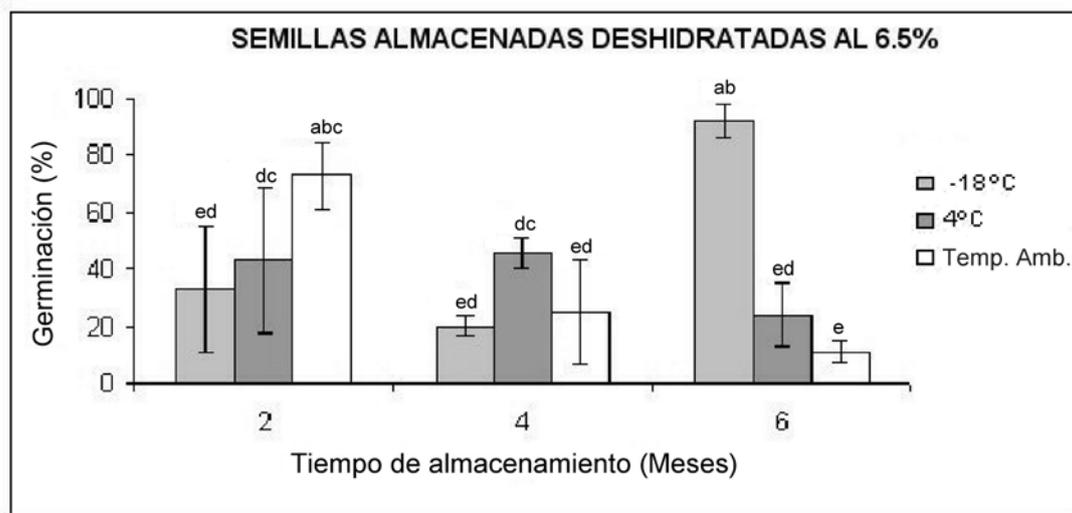


Figura 7. Resultados de la germinación de las semillas de *Stenocereus pruinosus* deshidratadas a 6.5% y almacenadas durante seis meses. Promedio \pm ds ($n = 5$). Valores con la misma letra son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey con $\alpha \leq 0.05$

5.3.2.1 Viabilidad de las semillas deshidratadas al 6.5%

La viabilidad para las semillas deshidratadas a 6.5% en las diferentes temperaturas y periodos de almacenamiento (Figura 10), fue la siguiente:

2 MESES.- La viabilidad más alta se presentó a 4°C (98%) y la menor a -18°C con 62% de semillas viables

4 MESES.- El mayor porcentaje de viabilidad se presentó a 4°C con el 84%; en tanto que el menor porcentaje lo registró la temperatura de -18°C con el 74% de semillas viables.

6 MESES.- La viabilidad más alta la presentó la temperatura de -18°C con el 95% y la más baja a 4°C con el 37% de semillas viables Al igual que en la germinación se observó que las semillas almacenadas a -18°C muestran un incremento en su viabilidad durante el almacenamiento. Mientras que las semillas almacenadas a 4°C y a temperatura ambiente tienden a decrecer su viabilidad.

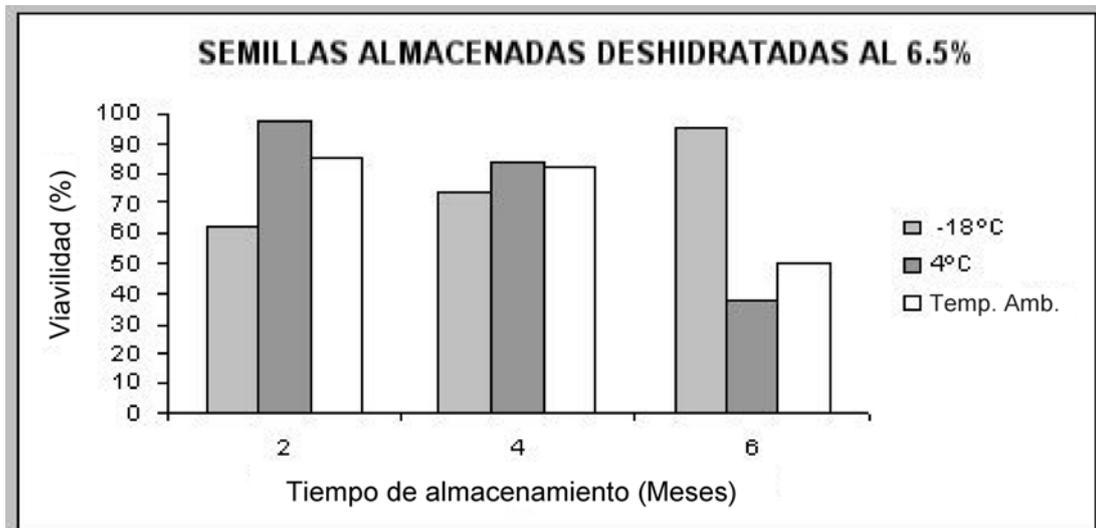


Figura 8. Resultados de la viabilidad de las semillas de *Stenocereus pruinosus* almacenadas, deshidratadas a 6.5%, durante seis meses. (n = 100 semillas)

5.3.2.2 Semillas muertas durante el almacenamiento

El número de semillas muertas fue incrementando durante los cuatro meses de almacenamiento decreciendo el número hasta cumplirse los seis meses, comportamiento similar al de las semillas sin deshidratar (Figura 11; A, B, C) donde la mayor mortalidad se observó en las semillas almacenadas a -18°C , con 16 semillas muertas, donde el número de semillas muertas fue el más elevado de los tres tratamientos.

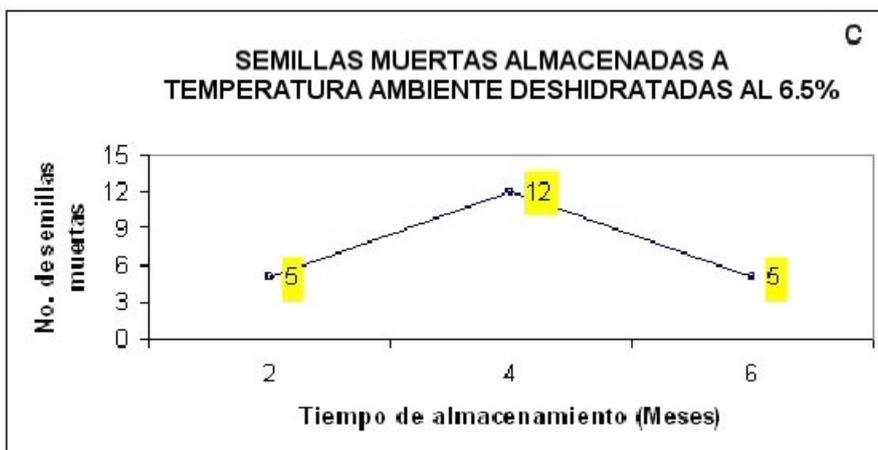
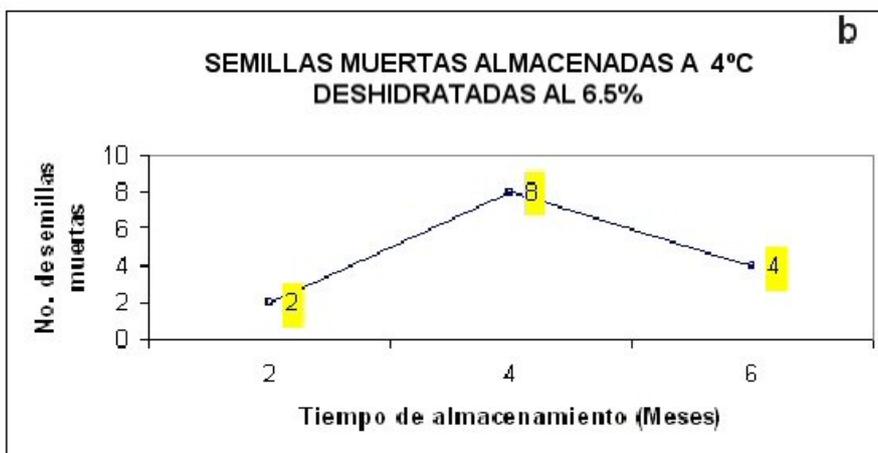
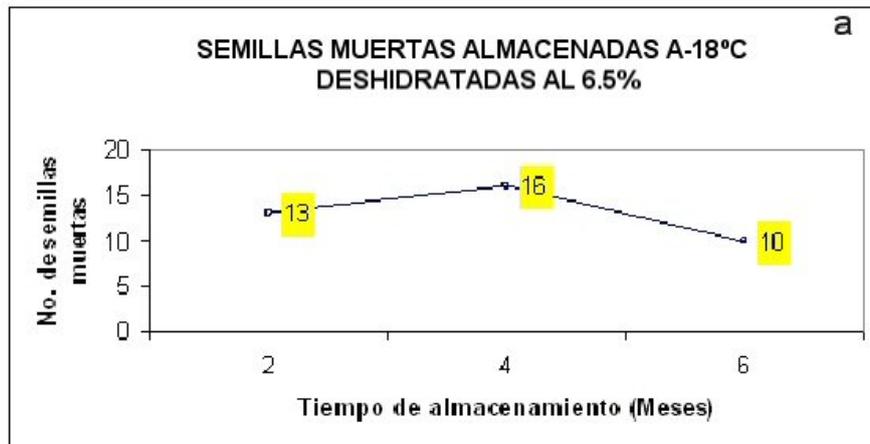


Figura 9. Resultados de las semillas muertas almacenadas, deshidratadas a 6.5%, en las diferentes condiciones: a) a -18°C; b) a 4°C; c) a temperatura ambiente

5.3.3 Germinación de las semillas deshidratadas al 10%

Las semillas deshidratadas al 10% de su contenido de humedad, a los 4 meses de almacenamiento presentaron un menor porcentaje (67%) de germinación con respecto a los demás tratamientos; donde el tratamiento con mayor porcentaje (90%) correspondió a las semillas almacenadas durante 2 meses a temperatura ambiente. (Figura 12). Para esta condición de deshidratación se observó un alto porcentaje de germinación el cual se mantiene constante a lo largo del tiempo de almacenamiento.

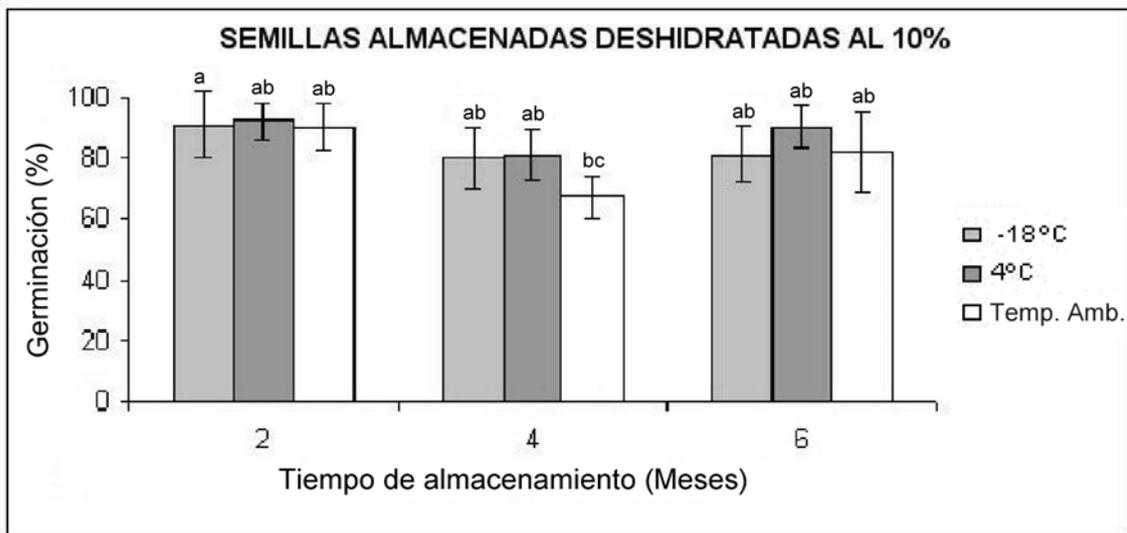


Figura 10. Resultados de la germinación de las semillas de *Stenocereus pruinosus* deshidratadas a 10% y almacenadas durante seis meses. Promedio \pm ds (n =5) Valores con la misma letra son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey con $\alpha \leq 0.05$

5.3.3.1 Viabilidad de las semillas deshidratadas al 10%

La viabilidad para las semillas deshidratadas 10% en las diferentes temperaturas y periodos de almacenamiento fue de la siguiente manera:

2 MESES.- El mayor porcentaje de viabilidad (97%) se presentó a los 4°C y la viabilidad más baja la registraron las almacenadas a temperatura ambiente con el 92% de semillas viables.

4 MESES.- La viabilidad más alta se registró a los 4°C con 84%, en tanto la menor correspondió a las almacenadas a temperatura ambiente con 70% de semillas viables.

6 MESES.- El porcentaje más elevado de viabilidad se presentó a 4°C con el 98%, mientras el menor lo registraron las almacenadas a temperatura ambiente con el 88% de semillas viables (Figura 13)

La viabilidad en los diferentes tratamientos mostró un decremento sólo a los 4 meses del periodo de almacenamiento, en tanto no hubo diferencias a los 2 y 6 meses.

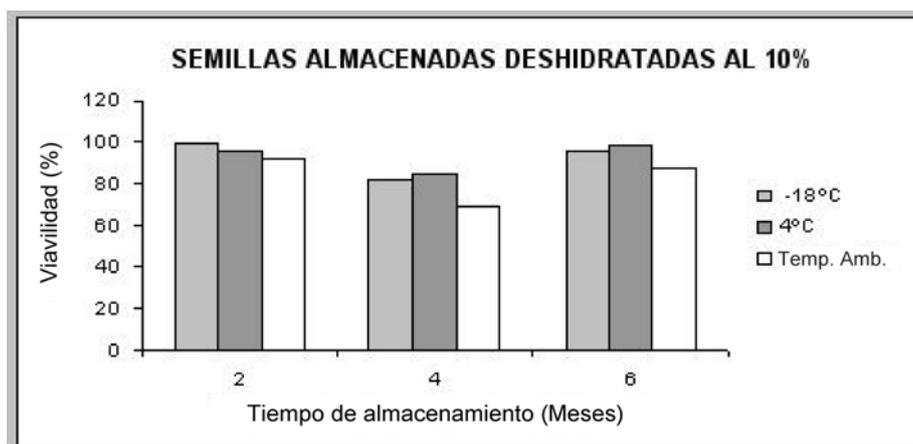


Figura 11. Resultados de la germinación de las semillas de *Stenocereus pruinosus* almacenadas deshidratadas 10% durante seis meses. Promedio \pm ds (n =5).

5.3.3.2 Semillas muertas durante el almacenamiento

La mortalidad de las semillas deshidratadas al 10% y almacenadas, fue similar en las tres condiciones, donde se observó que en los dos primeros meses mueren un bajo número de semillas, el cual se incrementa aproximadamente a la mitad del almacenamiento (4 meses) para decrecer al final del mismo, donde la mayor mortalidad (17 semillas) se observó en las almacenadas a temperatura ambiente, sin embargo el número de semillas muertas es menor al presentado en las semillas almacenadas deshidratadas al 6.5% (Figura 14)

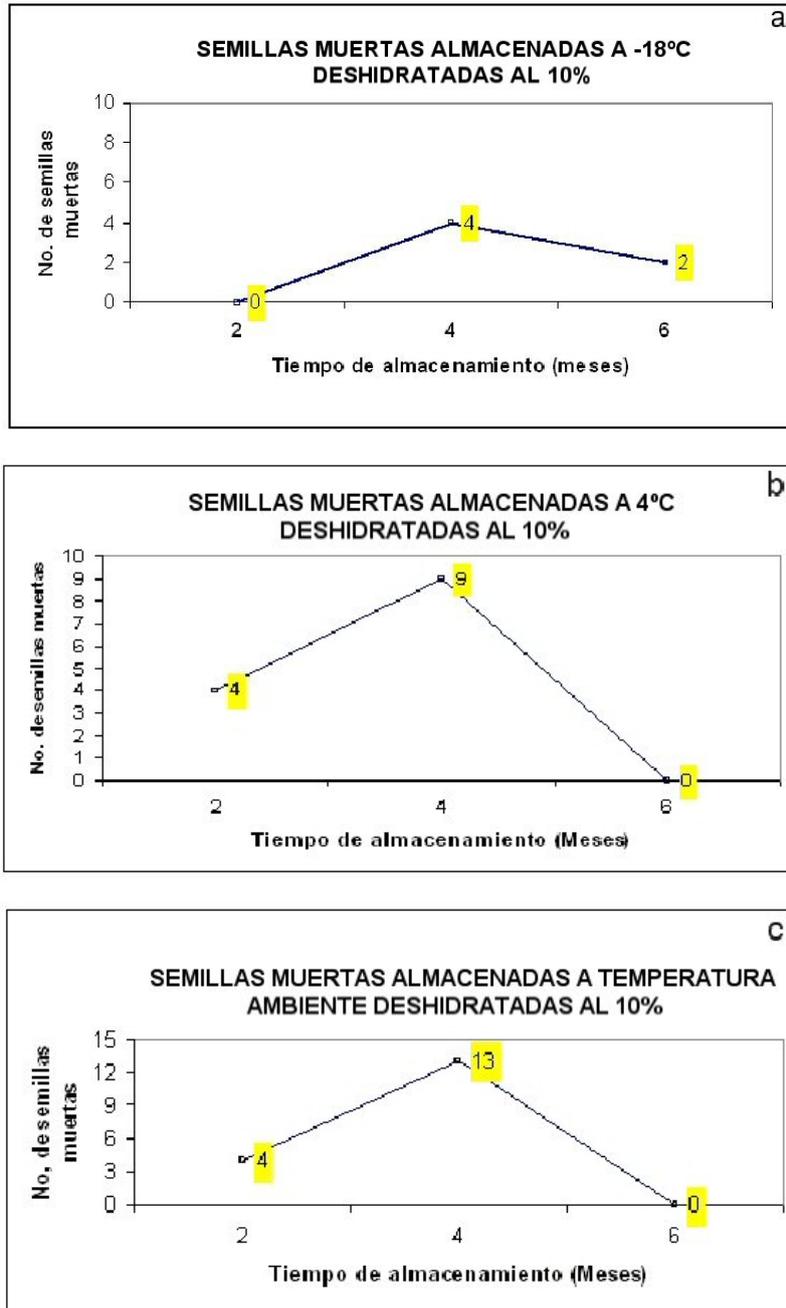


Figura 12. Resultados de las semillas muertas almacenadas deshidratadas a 10%, durante su almacenamiento en las diferentes condiciones: a) -18°C, b) 4°C y c) temperatura ambiente.

5.4 Comparación entre los tratamientos de almacenamiento

Al comparar las 3 condiciones de deshidratación durante los 3 periodos de almacenamiento, los resultados mostraron lo siguiente:

Las semillas que presentaron el mayor porcentaje de germinación fueron las semillas deshidratadas al 6.5% almacenadas durante 6 meses a -18°C con el 92%; mientras que las que registraron el menor porcentaje germinativo, fueron las semillas deshidratadas al 6.5% almacenadas 6 meses a temperatura ambiente con el 11%. Sin embargo el tratamiento que mantiene un porcentaje constante de germinación durante el transcurso del periodo de almacenamiento fue el de las semillas almacenadas deshidratadas al 10% en las diferentes condiciones de temperatura.

En cuanto a la condición de deshidratación y sin deshidratación la viabilidad más alta y más baja que presentaron las semillas fue la siguiente:

2 MESES.- El mayor porcentaje de viabilidad lo registraron las semillas hidratadas a -18°C con 98%, mientras el menor lo presentaron las semillas deshidratadas 6.5% a -18°C con 62%.

4 MESES.- La viabilidad más alta la presentaron las semillas hidratadas a temperatura ambiente con 88%, en tanto que la menor la registraron las semillas deshidratadas 10% a temperatura ambiente con el 70%.

6 MESES.- El mayor porcentaje de viabilidad lo presentaron las semillas deshidratadas 10% a 4°C con 98%, mientras que el menor lo registraron las semillas deshidratadas 6.5% a 4°C con el 37%.

5.5 Supervivencia de las plántulas

La supervivencia que presentaron las plántulas obtenidas de las semillas sometidas a los tres periodos de almacenamiento a diferentes temperaturas, después de 18 meses (Cuadro 3) son los siguientes:

2 MESES.- La mayor supervivencia presentada en este periodo la tuvieron las plántulas resultantes de las semillas almacenadas sin deshidratar a temperatura ambiente con 79 plantas, y la menor se presentó en las semillas deshidratadas al 6.5% almacenadas tanto a -18°C como a 4°C , con 0 plántulas supervivientes (Anexo 2 Foto 10).

4 MESES.- El mayor número de supervivientes obtenidos en este periodo, lo presentaron las plántulas de las semillas almacenadas sin deshidratar a 4°C con 81 plantas, y el menor lo presentaron las semillas almacenadas deshidratadas al 6.5% y deshidratadas al 10%, con 0 plántulas supervivientes (Anexo 2 Foto 11).

6 MESES.- La mayor supervivencia presentada en este periodo, la tuvieron las plántulas obtenidas de las semillas almacenadas sin deshidratar a -18°C con 81 plantas, y la menor resultó de las semillas deshidratadas al 6.5% almacenadas a 4°C , con 3 plántulas supervivientes. (Anexo 2 Foto 12)

Cuadro 2. Resultados de las plántulas de *Stenocereus pruinosus* obtenidas de las semillas almacenadas en las diferentes condiciones.

TIEMPO DE ALMACENAMIENTO ---->	2 MESES			4 MESES			6 MESES		
	% INICIAL (GERMINACIÓN)	1º TRANSPLANTE (% PLANTULAS)	SOBREVIVENCIA FINAL (%) (A 18 MESES)	% INICIAL (GERMINACIÓN)	1º TRANSPLANTE (% PLANTULAS)	SOBREVIVENCIA FINAL (%) (A 18 MESES)	% INICIAL (GERMINACIÓN)	1º TRANSPLANTE (% PLANTULAS)	SOBREVIVENCIA FINAL (%) (A 14 MESES)
HIDRATADAS -18º C	84	84	68	80	80	43	81	81	81
HIDRATADAS 4º C	86	86	11	81	81	81	87	87	20
HIDRATADAS T.A.	91	91	79	67	67	44	86	86	8
TOTAL PLANTULAS DEL TRATAMIENTO			158			168			109
DESHIDRATADAS 6.5% -18º C	33	33	--	20	20	--	92	18	6
DESHIDRATADAS 6.5% 4º C	43	43	--	46	46	7	24	24	3
DESHIDRATADAS 6.5% T.A.	73	33	6	25	25	3	11	11	11
TOTAL PLANTULAS DEL TRATAMIENTO			6			10			20
DESHIDRATADAS 10% -18º C	91	91	--	80	80	--	81	81	21
DESHIDRATADAS 10% 4º C	92	92	37	81	81	3	90	90	68
DESHIDRATADAS 10% T.A.	90	90	56	81	81	41	82	82	32
TOTAL PLANTULAS DEL TRATAMIENTO			93			44			121
TOTAL PLANTULAS POR TIEMPO DE ALMACENAMIENTO			257			222			250

6. DISCUSIÓN

Son escasos los estudios que documentan evidencias sobre la variación en el número de semillas por fruto en un taxón, en especial para especies endémicas de México (Godínez- Álvarez *et al.* 2003 citado por Ayala, 2004). Según algunos reportes las semillas de las cactáceas presentan considerable variación en forma, tamaño y características estructurales. El número de semillas producidas por fruto fluctúa de 1 hasta más de 1000 (Rojas-Aréchiga y Vázquez-Yanes, 2000) El número de semillas en *Stenocereus pruinosus* fluctuó entre 560 y 2236 semillas por fruto, el cual es mayor al reportado para otras especies del mismo género donde se indica valores que van desde 435 a 1115 para *S. queretaroensis* (Loza, 2003), de 52 a 1566 en *S. gummosus*, 1969 en *S. thurberi*, entre 25-200 en *S. beneckeii* (citado en Ayala 2004) y 150 para *S. griseus* (D'Aubeterre *et al.* 2006).

La variación observada en el número de semillas por fruto dentro de esta especie y entre especies, muy probablemente es una estrategia de los sistemas de reproducción y establecimiento de las diferentes especies. La producción elevada de semillas se justifica como una estrategia reproductiva, debido a que de miles de individuos es posible que solo uno se establezca en sitios favorables para su germinación y crecimiento cuando las condiciones climáticas son propicias para ello (Parker, 1988 citado en Ayala, 2004).

Determinación del comportamiento en almacenamiento de las semillas.

Viabilidad y germinación inicial

Según Ruedas *et al.* (2000) los porcentajes de germinación superiores al 70% bajo condiciones de laboratorio son altos para especies de cactáceas. Ayala y colaboradores (2004) reportan para *Stenocereus beneckeii*; el 75% de germinación y para *Stenocereus griseus* un 69% (D'Aubeterre *et al.* 2006), otro género como la columnar *Cephalocereus senilis* presenta el 57% (Reyes, 2006)

citado por Ayala *et al.* 2004) Estos porcentajes son inferiores a lo encontrado en este trabajo para *Stenocereus pruinosus* el cual fue de 85% por lo tanto coincide con lo mencionado por Ruedas (2000) para las cactáceas en general.

Con respecto a la viabilidad inicial evaluada con cloruro de trifenil tetrazolio se determinó como viables a las semillas que presentaron un 75% de tinción del embrión que fue de rojo a rosa, esta misma prueba se ha reportado para algunas especies columnares como *Escontria chiotilla* donde se obtuvo 75% de viabilidad y para *Myrtillocactus geometrizans* el 78% donde el patrón de tinción observado fue rojo intenso para semillas viables, y semillas incoloras o con pequeñas áreas de color rosa pálido fueron consideradas como semillas no viables (Herrera, 2001). Mientras que para *Stenocereus pruinosus* se encontró el 92% de viabilidad con un patrón de tinción variable que al compararlo con la germinación, se observó diferencia lo que nos indica que las semillas probablemente pudieron presentar latencia ya que cuando una semilla no germina, a pesar de que se encuentra bajo condiciones favorables de agua, temperatura y oxígeno, se considera que está latente, asimismo se menciona que en una población de semillas una porción de ellas pueden presentar latencia por cubiertas impermeables al agua o gases (Vázquez-Yanes *et al.* 1997).

Determinación del comportamiento de la semilla en almacenamiento

Contenido de humedad inicial

El contenido de agua y la temperatura son los principales factores que influyen en la longevidad de las semillas durante la vida de almacenaje (Yue Zeng *et al.* 1998), de manera que es indispensable determinar éste antes de almacenarlas. En este caso el contenido de humedad que presentaron las semillas de *Stenocereus pruinosus* (64%) es similar al reportado para otras especies, las cuales contienen hasta 65 % de contenido de humedad a temperaturas entre 15-20°C como menciona Hong y Ellis (1996).

Viabilidad y germinación de las semillas deshidratadas al 12 y 5 %

Por otra parte se menciona que la longevidad de las semillas almacenadas se prolonga si son deshidratadas a un contenido de humedad bajo, según las indicaciones del IPGRI quienes recomiendan que las semillas sean deshidratadas a un contenido de humedad de $5 \pm 2\%$ antes de ser almacenadas a temperatura de hasta -18°C (Cubero, 1990), en las semillas de *Stenocereus pruinosus* se observó que la deshidratación no tuvo efecto sobre la viabilidad de las semillas deshidratadas al 12% y sólo disminuyó 11 % al ser deshidratadas al 5%, esto debido a que según Azcón-Bieto y Talón (2000) algunas semillas pueden presentar tolerancia a la desecación, lo cual quedó de manifiesto en la conservación de la viabilidad, no obstante que la germinación para las semillas deshidratadas al 5% disminuyó, indicando con esto que una porción de las semillas entraron en latencia, probablemente debido a que la falta de agua en las semillas inhibe los procesos metabólicos de las mismas, lo cual según Leprince (1993) actúa como un sistema de protección que previene el daño a diferentes componentes celulares incluyendo membranas y proteínas .

Comportamiento de las semillas deshidratadas a 5 % y almacenadas durante tres meses.

Los resultados de la germinación en las semillas almacenadas a -10°C indicaron que la deshidratación y la temperatura no afectaron significativamente la germinación de las semillas por el contrario se observó un incremento en su germinación atribuido a la eliminación de la presencia de latencia ya que de acuerdo con Moreno (1997) muchas semillas requieren ser sometidas a temperaturas bajas para romper la latencia; esta se puede eliminar gradualmente por diversos factores como escarificación mecánica o química, exposición ó irradiación con luz o la fluctuación de temperatura que vuelve permeable a la cubierta, lo que al parecer ocurrió con las semillas de *Stenocereus pruinosus* ya

que para su almacenamiento se deshidrataron a 40°C antes de ser almacenadas a -10°C, lo cual sumado a la exposición a esta temperatura suprimió la latencia.

Para la germinación de las semillas almacenadas a temperatura ambiente, ésta disminuyó a 52% mientras la viabilidad fue de 80%, esto se explica con lo reportado para varias especies de cactáceas donde se ha encontrado (Ruedas, 2000) que cuando se presenta una alta viabilidad y una baja germinación, una parte de la población presenta latencia; la cual al no ser suprimida por algún factor externo como lo fue en este caso, el almacenamiento a -10°C deriva en un descenso de la germinación.

De acuerdo a lo anterior se encontró que el comportamiento de las semillas de *Stenocereus pruinosus* es posiblemente ortodoxo, ya que las semillas toleraron temperatura baja y deshidratación por debajo del 10% de su contenido de humedad (Vázquez-Yanes *et al.* 1997).

Almacenamiento de las semillas durante seis meses

La viabilidad puede mantenerse por todo el tiempo de duración de vida de la semilla (longevidad), siempre y cuando las condiciones internas y externas no perturben el metabolismo y funcionamiento de la semilla. Aún en condiciones latentes las semillas respiran a mucho menor tasa y mantienen en equilibrio sus funciones; el desajuste interno y/o el efecto nocivo del medio externo causan la pérdida de la viabilidad que se traduce en la muerte de la semilla (Flores, 2004).

También se ha reportado que la viabilidad tiende a disminuir, en general, cuando la temperatura de almacenamiento es mayor a 20° C (ISTA, 1998 citado por Aráoz *et al.* 2004) lo cual se evidenció en las semillas deshidratadas al 6.5% de su contenido de humedad almacenadas a temperatura ambiente; donde decreció hasta 37%.

Para los resultados del almacenamiento a lo largo de 6 meses, las diferencias encontradas entre la viabilidad (Figuras 7, 10, 13) y la germinación

(Figuras 6, 9, 12), en los diferentes tratamientos pudieron deberse a que parte de las semillas requerían un periodo de frío para liberarlas de la latencia; ya que la imposición de este mecanismo es probablemente debido a un control endógeno (Flores, 2004) atribuido a la presencia de sustancias inhibitoras, entre ellas el ácido abscísico (ABA) el cual fue detectado en semillas de *Stenocereus griseus*, con poco tiempo de haber sido cosechadas, estas presentaron una viabilidad alta y una baja germinación, similar a lo observado en este trabajo para *Stenocereus pruinosus* y para lo reportado en otras especies de cactáceas (Álvarez y Montaña, 1997). La importancia de el ABA consiste en la regulación de acontecimientos clave durante la formación de la semilla, como son: el depósito de reservas de almacenamiento, prevención de germinación precoz, adquisición de tolerancia a la deshidratación e inducción de latencia innata por las condiciones ambientales desfavorables para la germinación; por ejemplo anoxia, temperatura inadecuada o la iluminación (Bewley, 1997 y Kermode, 2005)

Es por esto que durante el tratamiento a baja temperatura de las semillas de algunas especies, se produce un descenso en ABA libre y por consiguiente, se incrementa la capacidad germinativa de las mismas (Azcón-Bieto y Talón, 2000), lo cual explica el mayor porcentaje de germinación en las semillas deshidratadas al 6.5% de su contenido de humedad almacenadas a -18°C durante seis meses (92%).

En relación con la temperatura, varios estudios han demostrado que las semillas aumentan su porcentaje de germinación de acuerdo con el incremento en el tiempo de almacenamiento, en temperatura constante, indicando que las semillas pueden necesitar una “aclimatación” para conseguir porcentajes de germinación más altos (Rojas-Arechiga *et al.* 2001)

Mortalidad de las semillas

El comportamiento observado en todos los tratamientos de las semillas muertas (Figuras 8,11.14) concuerda con lo descrito por Roberts (1972 citado por Hay, 2009) quien menciona que en una población de semillas almacenadas solo pocas semillas mueren al inicio del período de almacenamiento y el número se va incrementando hasta llegar a un máximo para posteriormente decrecer presentando sólo pocas semillas muertas al final del periodo de almacenamiento, asimismo las semillas que permanecen vivas mantendrán su longevidad por un largo periodo de tiempo.

Sobrevivencia de las plántulas

La germinación de las semillas y el establecimiento de las plántulas son fases críticas en el ciclo de vida de las plantas, pues muestran una gran vulnerabilidad a la influencia de factores desfavorables, por lo que durante estas etapas frecuentemente se presenta una mortalidad muy alta (Angevine y Chabot, 1979)

En este trabajo los resultados indicaron una sobrevivencia final de las plántulas de, 257 para los tratamientos de las semillas almacenadas 2 meses, la cual fue la mayor comparada con la obtenida para los tratamientos de las semillas almacenadas 6 meses (250) y de las semillas almacenadas 4 meses (222). La disminución en el número final de plántulas, se atribuye a que el establecimiento de plántulas es una etapa crítica en el ciclo de vida de especies de cactáceas, debido a que la mayoría de éstas mueren por factores como estrés por altas temperaturas, carencia de agua y nutrientes o tasas altas de herbivoría (Valiente-Banuet y Escurra, 1991 citado por Loza *et al.* 2003). Además de la necesidad de protección por plantas nodriza, asimismo las plántulas deben tener características anatómicas, morfológicas y fisiológicas que coadyuven a su supervivencia tanto en

campo como *ex situ*. De esta manera el vigor de la plántula está determinado por muchas características, mismas que están asociadas con varios aspectos del proceso de la germinación (Sandoval, 1995).

Para esta especie se observó que las plántulas que no sobrevivieron presentaban poco vigor el cual se manifestó en su aspecto físico ya que eran plántulas pequeñas, con tallos que presentaban coloración rojiza, menor succulencia, espinas blancas y no duras, raíces cortas, escasas y débiles. Flores (2004) define el vigor como el potencial para una rápida y uniforme germinación y rápido desarrollo de la plántula bajo condiciones generales de campo, de esta manera el alto vigor está representado por plántulas capaces de emerger y de continuar creciendo bajo condiciones favorables y también son las de mejor apariencia bajo condiciones desfavorables, en cambio el bajo vigor se expresa con plántulas capaces de emerger pero incapaces de continuar creciendo como se observó con las plántulas de esta especie.

Existen factores ambientales perjudiciales para el establecimiento de la plántula, como la humedad del suelo, textura y microorganismos, así como el vigor de la semilla el cual puede verse afectado por daños en el embrión durante la recolección o en el tratamiento posterior, características genéticas, así como a las condiciones de almacenamiento (Thomson, 1979 citado por Sandoval, 1995).

Por otro lado se ha reportado que entre las especies de la familia Cactaceae es frecuente que las plantas produzcan frutos con gran cantidad de semillas que, a su vez, pueden alcanzar porcentajes de germinación relativamente altos (superiores al 70%) bajo diversas condiciones. Sin embargo, las plántulas tienen un crecimiento extremadamente lento y sus patrones de asignación de biomasa son relativamente rígidos. Al combinarse estas características con sus ciclos de vida largos y sus preferencias de hábitat (sustrato) frecuentemente muy específicas, el resultado es que el establecimiento de nuevas plantas es generalmente muy reducido y extremadamente variable a través del tiempo

(Ruedas *et al.* 2000) lo cual también explica los resultados obtenidos en este trabajo.

7. CONCLUSIONES

El contenido de humedad presente en las semillas de *Stenocereus pruinosus* fue mayor (64 % al punto de cosecha) al reportado para las semillas de tipo ortodoxo.

Por su resistencia a la deshidratación al 5% y 6.5% y temperatura de -10 °C y -18°C; el comportamiento en almacenamiento de las semillas de *Stenocereus pruinosus* es del tipo ortodoxo.

Una porción de la población de las semillas de *Stenocereus pruinosus* presentó latencia innata que fue eliminada con la temperatura baja.

Las semillas deshidratadas al 10% mantuvieron constante y elevada la germinación en las tres diferentes temperaturas de almacenamiento

La deshidratación de las semillas a 6.5% almacenadas a 4°C y temperatura ambiente disminuyó su viabilidad y germinación durante el tiempo de almacenamiento.

Para efecto de conservación a largo plazo, la condición de almacenamiento que resultó más efectiva fue para las semillas que fueron almacenadas deshidratadas al 6.5% a -18°C

Las semillas deshidratadas al 10% y almacenadas a las tres diferentes temperaturas mantuvieron constante la viabilidad, germinación y sobrevivencia de las plántulas durante los seis meses de almacenamiento.

La distribución de la mortalidad de las semillas en los diferentes tratamientos fue similar al presentado para otras semillas que han sido almacenadas.

La sobrevivencia final de las plántulas fue mayor para las obtenidas de las semillas almacenadas sin deshidratar a -18°C , lo cual tiene importancia para efecto de propagación de esta especie

8. BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, A. M. G. y Montaña, C. 1997. Germinación y supervivencia de cinco especies de cactáceas del Valle de Tehuacán: implicaciones para su conservación. *Acta Botánica Mexicana*. 40: 43-58
- Angevine, W. M. and Chabot, F. B. 1979. Seed germination síndromes in higher plants. In *Topics in plant population biology*. Columbia University Press. New York. pp.188-206
- Aráoz, S., Del Longo, O. y Karlin, O. 2004. Germinación de semillas de *Zizyphus mistol* Grisebach I. viabilidad durante el almacenaje en frío y a temperatura ambiente. *Multequina*. 13:39-43.
- Ayala, C. G., Terrazas, T., López, M. L. y Trejo, C. 2004. Variación en el tamaño y peso de la semilla y su relación con la germinación en una población de *Stenocereus beneckeii*. *Interciencia*. 29: 692-697
- Azcón-Bieto, J. y Talón, M. 2000. *Fundamentos de fisiología vegetal*. McGraw- Hill. Interamericana. 443 pp.
- Barbosa, M. C., Ramírez, G, J. y Ponce de León, G. L. 2008. Comparación mediante MEB de semillas de dos cactáceas almacenadas durante seis meses en un banco de semillas y en condiciones de laboratorio. Departamento de Biología. Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa.13: 125-133
- Bewley, D. J. 1997. Seed germination and dormancy. *The Plant Cell*. 9: 1055-1066
- Bravo- Hollis, H. 1978. *Las Cactáceas de México*. UNAM. Vol I. 743 pp.
- Bueno, M. A., Casanova, C., Pons, R. Soler, C. y Varela, F. 1990. Programa de conservación e intercambio de recursos fitogenéticos en el Banco de Germoplasma I.N.I.A. en: *Proceeding of the International Conference on Conservation Techniques in Botanic Gardens*. Koeltz Scientific Books D-6240 Koenigstein/Germany. pp. 103-105

- Cortés-Díaz, V. 1997. El papel de los visitantes en la biología de la polinización de *Stenocereus pruinosus* en el Valle de Tehuacán- Cuicatlán, México. Tesis de Licenciatura. UNAM. ENEP Iztacala, Edo. de México.
- Cubero, J. I. 1990. Técnicas de conservación de recursos genéticos vegetales de interés económico con riesgo de extinción. En: Proceeding of the International Conference on Conservation Techniques in Botanic Gardens. Koeltz Scientific Books D-6240, Koenigstein/Germany. pp. 17-26
- D'Aubeterre, R., Piñero, Z., García, E. y Figarella, A. M. 2006. Efecto de diferentes métodos de escarificación sobre la germinación de cinco especies de cactáceas (*Opuntia ficus indica*, *Pilosocereus moritzianus*, *Stenocereus griseus*, *Cereus deficiens* y *Cereus hexagonus*) del Estado Lara. Simposio- Taller: Experiencias en Agroforestería ejecutadas o en proceso por el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA). Centro de Investigaciones del estado Lara, Venezuela. 8(3): 41-53
- Draper, S.R., Bass, L. N., Goosling, P., Hutin, C., Rennie, W. J., Steiner, A. M., Tonkin, J. H. B. and Whitford, B. 1985. International Rules for Seed Testing Rules. *Seed Science and Technology*. 13 (2): 307-355.
- Flores, H. A. 2004. Introducción a la tecnología de las semillas. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo, de México. 160 pp.
- Flores, M. A., Manzanero, M. G., Acosta, C. S., Aguilar, S. R. y Saynes, V. A. 1991. Importancia Ecológica y Económica de *Escontria chiotilla* (Weber) Rose en la Porción este de los Valles Centrales de Oaxaca. *Cactaceas y suculentas mexicanas*. 36:16-23.
- García, V. O. 2000. Dispersión biótica de semillas de la cactácea columnar *Stenocereus pruinosus* (Otto) F. Buxb en el Valle de Tehuacán, Puebla, México. Tesis de Licenciatura. UNAM. ENEP Iztacala. 44 pp
- Gold, K., and Way, M. 2004. Seed conservation of the Latinoamerican flora – an international opportunity. La conservación de semillas de la flora latinoamericana – una oportunidad internacional. *Royal Botanic Gardens. Lyonia*. 6(1): 19-24.

- Gómez-Campo, C. 1985. Seed banks as an emergency Conservation strategy. In: Plant Conservation in the Mediterranean area. Gomez-Campo Com. Dr. W. Junk Publisher Group, Boston, USA. pp. 237-247
- Gómez-Campo, C. 1987. A strategy for seed banking in botanic gardens: some policy considerations. In: Botanic gardens the world conservation strategy. Bramwell, D., Hamann, O., Heywood, V. and Synge, H. (Eds.). Published for IUCN by Academic Press, London. pp. 151-160
- Grande, Z. S., Cruz, H. J. P. y Pérez, M. C. 1995. Contenido nutrimental de tallos de pitayo (*Stenocereus griseus*). En Memorias del 1ª Simposium Internacional sobre pitaya y frutas afines. División de Ciencias Forestales y del Ambiente. Universidad Autónoma de Chapingo. México. 29 pp.
- Guzmán, U., Arias, S. y Dávila, P. 2007. Catálogo de cactáceas mexicanas. UNAM. CONABIO. México, D.F. 315 pp.
- Hartmann, H. y Kester, D. 1988. Propagación de plantas: principios y prácticas. México D.F. Compañía Editorial Continental. 760 pp
- Hernández, G. O. y Mendieta, S. M. 1987. Estudio comparativo de las relaciones iónicas de cactáceas en diferentes zonas del municipio de Coxcatlán, Pue. Tesis de Licenciatura. U. N. A. M. E. N. E. P. Iztacala. Edo. de México. 100 pp.
- Herrera, R. D. 2001. Germinación de *Escontria chiotilla* (Weber) Rose y *Myrtillocactus geometrizans* (Bravo) Backeberg en diferentes suelos y niveles de humedad. Tesis de Licenciatura. F.E.S. Iztacala. U.N.A.M. México. 58 pp.
- Hong, T. D. and Ellis, R. H. 1996. A protocol to determine seed storage behaviour. International Plant Genetic Resources Institute (IPGR), Rome, Italy. 62 pp.
- Huerta, P. C. 1998. Crecimiento y análisis químico del fruto de *Escontria chiotilla* (Weber) Rose y *Stenocereus pruinosus* (Otto) Buxbaum; en Venta Salada, Puebla. Tesis de Licenciatura. U. N. A. M. E. N. E. P. Iztacala. Edo. de México. 61 pp.

- ISTA. 1985. International Seed Testing Association. International rules for seed testing. *Seed Science Technology* 13 (2): 299-355.
- Kermode, R. A. 1997. Approaches to elucidate the basis of desiccation-tolerance in seeds. *IPGRI. Seed Science Research*. 7: 75-95
- Kermode, R. A. 2005. Role of abscisic acid in seed dormancy. *Journal Plant Growth Regul.* 24: 319-344
- Leprince, O., Hendry, G. A. F and Mckersie, B. D. 1993. The mechanisms of desiccation tolerance in developing seed. *Seed Science Research*. 3: 231-246
- Loza, C. S., Terrazas, T., López, M. L. y Trejo, C. 2003. Características morfo-anatómicas y metabolismo fotosintético en plántulas de *Stenocereus queretaroensis* (Cactaceae): su significado adaptativo. *Interciencia*. 29: 378-384
- Luna, M. C. C., Aguirre, R. J. R. y Peña, V. C. B. 2001. Cultivares tradicionales mixtecos de *Stenocereus pruinosus* y *S. stellatus* (Cactaceae). *Anales del Instituto de Biología. U.N.A.M. Serie Botánica* 72 (2): 131-155.
- Martínez-Cárdenas, M. L., Cabrera, J. M. C., Carmona, A. y Varela, H. G. J. 2006. Promoción de la germinación de *Stenocereus griseus* (Haworth) Buxbaum y *Escontria chiotilla* (Weber) Rose. *Cactáceas y suculentas mexicanas*. 51(4): 111-121
- Martínez, M. D. 1987. Fluctuación Fotosintética de *Escontria chiotilla* (Weber) Rose en la localidad de Venta Salada Municipio de Coxcatlán Puebla. Tesis de Licenciatura. U. N. A. M. E. N. E. P. Iztacala. Edo. de México. 97 pp.
- Moreno, C. P. 1997. Vida y obra de granos y semillas. Fondo de Cultura Económica. México, D. F. 205 pp.
- Moreno, M. E. 1996. Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. UNAM. Ciudad Universitaria. México, D.F. 393 pp.
- Osorio, B. O. 1996. Descripción de la vegetación en los alrededores del cerro El Cuta en el Valle de Zapotitlán de las Salinas, Puebla. Tesis de Licenciatura. UNAM. Facultad de Ciencias. 112 pp.

- Parra, F., Pérez, N. N., Lira, R., Pérez, S. D. and Casas, A. 2008. Population genetics and process of domestication of *Stenocereus pruinosus* (Cactaceae) in the Tehuacán Valley, México. *Journal of Arid Environments*. 72: 1997-2010.
- Pritchard, H. W. and Dickie, J. B. 2003. Predicting seed longevity: the use and abuse of seed viability equations. In Smith, R. D. Dickie, J. B. Linington, S. L., Pritchard, H. W. and Probert, R. J. (Eds.). *Seed conservation: turning science into practice*. Kew: Royal Botanic Gardens, Kew. pp. 653-722.
- Rao, K. N., Hanson, J., Dulloo, E. M., Ghosh, K., Nowell, D. and Laringe, M. 2007. Manual para el manejo de semillas en bancos de germoplasma. *Manuales para bancos de germoplasma No. 8*. Bioversity international, Roma, Italia. pp.165
- Rebollar, A. A., Romero, P. J., Cruz, H. P. y Zepeda. C. H. 1998. El cultivo de la pitaya (*Stenocereus spp.*), una alternativa para el trópico seco del estado de Michoacán. Universidad Autónoma de Chapingo; Centro Regional Universitario Centro Occidente, 71 pp.
- Reyes, C. P. 1987. Diseño de experimentos aplicados. Trillas. Quinta reimpresión. México, D. F. 348 pp.
- Reyes, P. S. M. 2006. Aspectos de la germinación y el establecimiento de *Cephalocereus seniles* (Haw.) Pfeiff. *Ciencias Biológicas y de la Salud*. Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa. 17: 49-58
- Rojas-Aréchiga, M., Casas, A. and Vázquez-Yanes, C. 2001. Seed germination of wild and cultivated *Stenocereus stellatus* (Cactaceae) from the Tehuacán-Cuicatlán Valley, Central México. *Journal of Arid Environments*. 49: 279-287
- Ruedas, M., Valverde, T. y Castillo, S. A. 2000. Respuesta germinativa y crecimiento de plántulas de *Mammillaria magnimamma* (Cactaceae) bajo diferentes condiciones ambientales. *Boletín de la Sociedad Botánica Mexicana*. 66: 25-35.
- Rzedowski, J. 1991. El Endemismo en la Flora Fanerogámica Mexicana: Una Apreciación Análítica Preliminar. *Acta Botánica Mexicana*, 15: 47-64.

- Sandoval, Z. H. 1995. Agotamiento de sustancias de reserva: una prueba para medir el vigor de la semilla. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. México. pp 34.
- Vázquez- Yanes, C., Orozco, S. A., Rojas-Arechiga, M. y Sánchez, C. M. E. 1997. La reproducción de las plantas: semillas y meristemas. Fondo de Cultura Económica. México, D.F. 167 pp.
- Villalobos, S., Vargas, O. y Melo, S. 2007. Uso, manejo y conservación de “yosu”, *Stenocereus griseus* (Cactaceae), en la alta guajira colombiana. Acta Biológica Colombiana. 12(1): 125-136
- Yue Zeng, X., Zheng Chen, R., Rui Fu, J. and Wu Zhang, X. 1998. The effects of water content during storage on physiological activity of cucumber seeds. IPGRI. Seed Science Research. 8 (1): 65-68
- Walters, C., Pammenter, N. W., Berjak, P. and Crane, J. 2001. Desiccation damage, accelerated ageing and respiration in desiccation tolerant and sensitive seeds. Seed Science Research. 11: 135-148

ANEXO 1. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Cuadro 1. ANOVA de dos factores para las semillas de *Stenocereus pruinosus* almacenadas durante tres meses a temperatura de -10°C y temperatura ambiente.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	P < 0.05
T	1	932.864803	932.864803	14.81	0.0008
M	2	1016.831167	508.415583	8.07	0.0021
T*M	2	1016.831167	508.415583	8.07	0.0021

Clave de fuente

T = Temperatura
M = Meses
T*M = Interacción

Cuadro 2. Prueba de Tukey para las semillas de *Stenocereus pruinosus* almacenadas durante tres meses

Tratamiento	Medias de los datos de germinación transformados a arco seno
Un mes de almacenamiento a temperatura ambiente	46.210 b
Un mes de almacenamiento a -10°C	43.846 b
Dos meses de almacenamiento a temperatura ambiente	46.210 b
Dos meses de almacenamiento a -10°C	55.976 b
Tres meses de almacenamiento a temperatura ambiente	46.210 b
Tres meses de almacenamiento a -10°C	72.266 a
DMS	15.518
Coefficiente de Variación %	15.32398

Nota: Medias con la misma letra no son significativamente diferentes

Cuadro 3. ANOVA de tres factores para las semillas de *Stenocereus pruinosus* almacenadas durante seis meses

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	P < 0.05
T	2	3142.38917	1571.19459	21.47	< .0001
H	2	23242.99544	11621.49772	158.77	< .0001
L	2	384.72905	192.36453	2.63	0.0768
T*H	4	143.25278	35.81320	0.49	0.7436

Clave de fuente

T = Tiempo
H = Hidratación
L = Temperatura
T*H = Interacción

Cuadro 4. Prueba de Tukey para las semillas de *Stenocereus pruinosus* almacenadas durante seis meses

Tratamiento	Medias de los datos de germinación transformados a arcoseno
Dos meses de almacenamiento a -18°C sin deshidratar	66.988 ab
Dos meses de almacenamiento a 4°C sin deshidratar	69.074 ab
Dos meses de almacenamiento a temperatura ambiente sin deshidratar	75.144 ab
Dos meses de almacenamiento a -18°C deshidratadas 6.5%	33.562 ed
Dos meses de almacenamiento a 4°C deshidratadas 6.5%	41.084 dc
Dos meses de almacenamiento a temperatura ambiente deshidratadas 6.5%	59.062 abc
Dos meses de almacenamiento a -18°C deshidratadas 10%	76.858 a
Dos meses de almacenamiento a 4°C deshidratadas 10%	75.482 ab
Dos meses de almacenamiento a temperatura ambiente deshidratadas 10%	73.858 ab
Cuatro meses de almacenamiento a -18°C sin deshidratar	64.028 ab
Cuatro meses de almacenamiento a 4°C sin deshidratar	64.554 ab

Cuatro meses de almacenamiento a temperatura ambiente sin deshidratar	55.024 bc
Cuatro meses de almacenamiento a -18°C deshidratadas 6.5%	26.494 ed
Cuatro meses de almacenamiento a 4°C deshidratadas 6.5%	42.698 dc
Cuatro meses de almacenamiento a temperatura ambiente deshidratadas 6.5%	29.020 ed
Cuatro meses de almacenamiento a -18°C deshidratadas 10%	64.028 ab
Cuatro meses de almacenamiento a 4°C deshidratadas 10%	64.554 ab
Cuatro meses de almacenamiento a temperatura ambiente deshidratadas 10%	55.028 bc
Seis meses de almacenamiento a -18°C sin deshidratar	64.792 ab
Seis meses de almacenamiento a 4°C sin deshidratar	69.066 ab
Seis meses de almacenamiento a temperatura ambiente sin deshidratar	68.728 ab
Seis meses de almacenamiento a -18°C deshidratadas 6.5%	75.482 ab
Seis meses de almacenamiento a 4°C deshidratadas 6.5%	28.480 ed
Seis meses de almacenamiento a temperatura ambiente deshidratadas 6.5%	19.076 e
Seis meses de almacenamiento a -18°C deshidratadas 10%	64.630 ab
Seis meses de almacenamiento a 4°C deshidratadas 10%	72.378 ab
Seis meses de almacenamiento a temperatura ambiente deshidratadas 10%	66.012 ab
DMS	20.544
Coefficiente de Variación %	14.758

Nota: Medias con la misma letra no son significativamente diferentes

ANEXO 2. FOTOGRAFÍAS



Foto 2. Morfología de *Stenocereus pruinosus*



Foto 3. Fruto maduro de *Stenocereus pruinosus* en Venta Salada, Coxcatlán, Puebla.



Foto 4. Flor abierta de *Stenocereus pruinosus* en Venta Salada, Coxcatlán, Puebla.

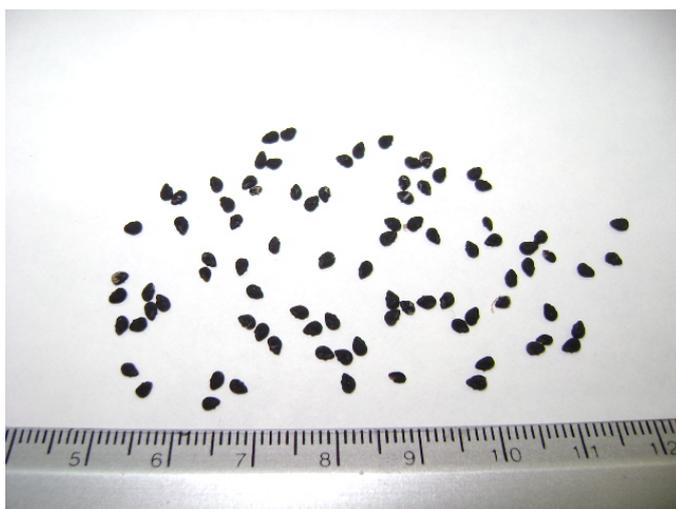


Foto 5. Semillas extraídas del fruto de *Stenocereus pruinosus*.



Foto 6. Embriones de las semillas *Stenocereus pruinosus* teñidos con la solución de tetrazolio.



Foto 7. Semillas de pitaya sembradas en agar higroscópico

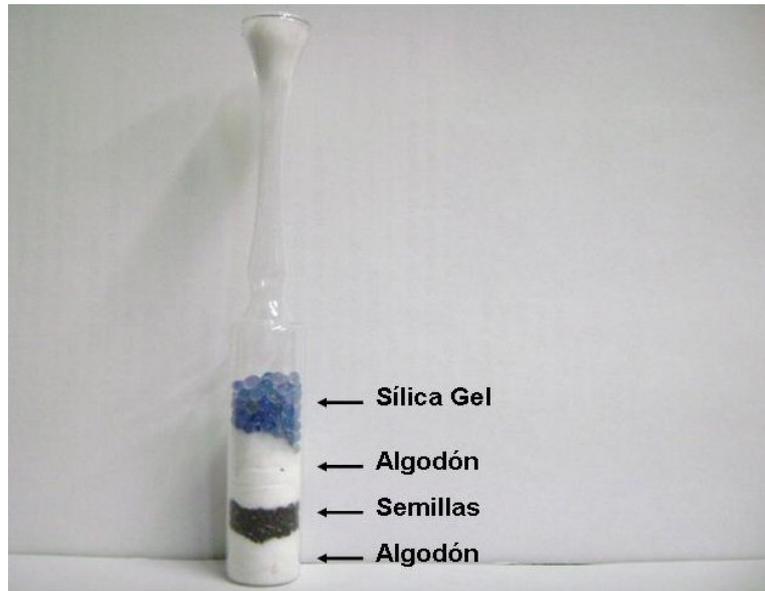


Foto 8. Semillas de pitaya almacenadas en ampolleta

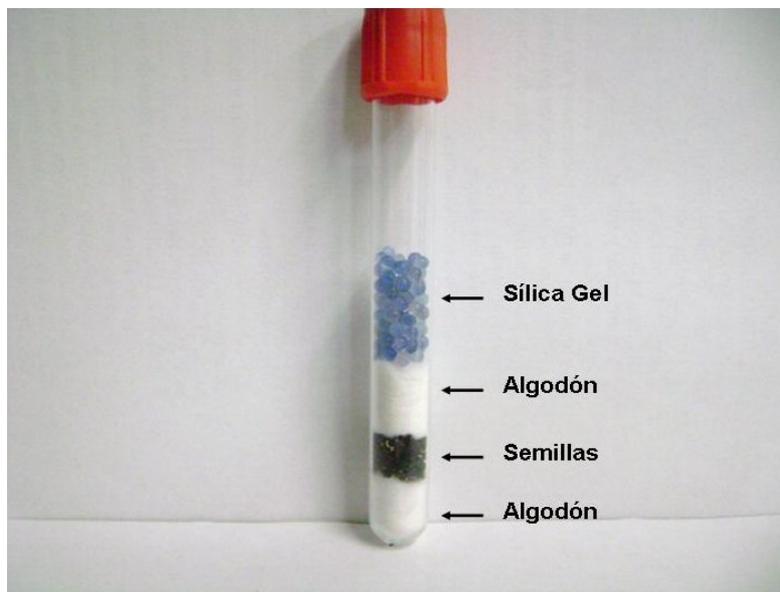
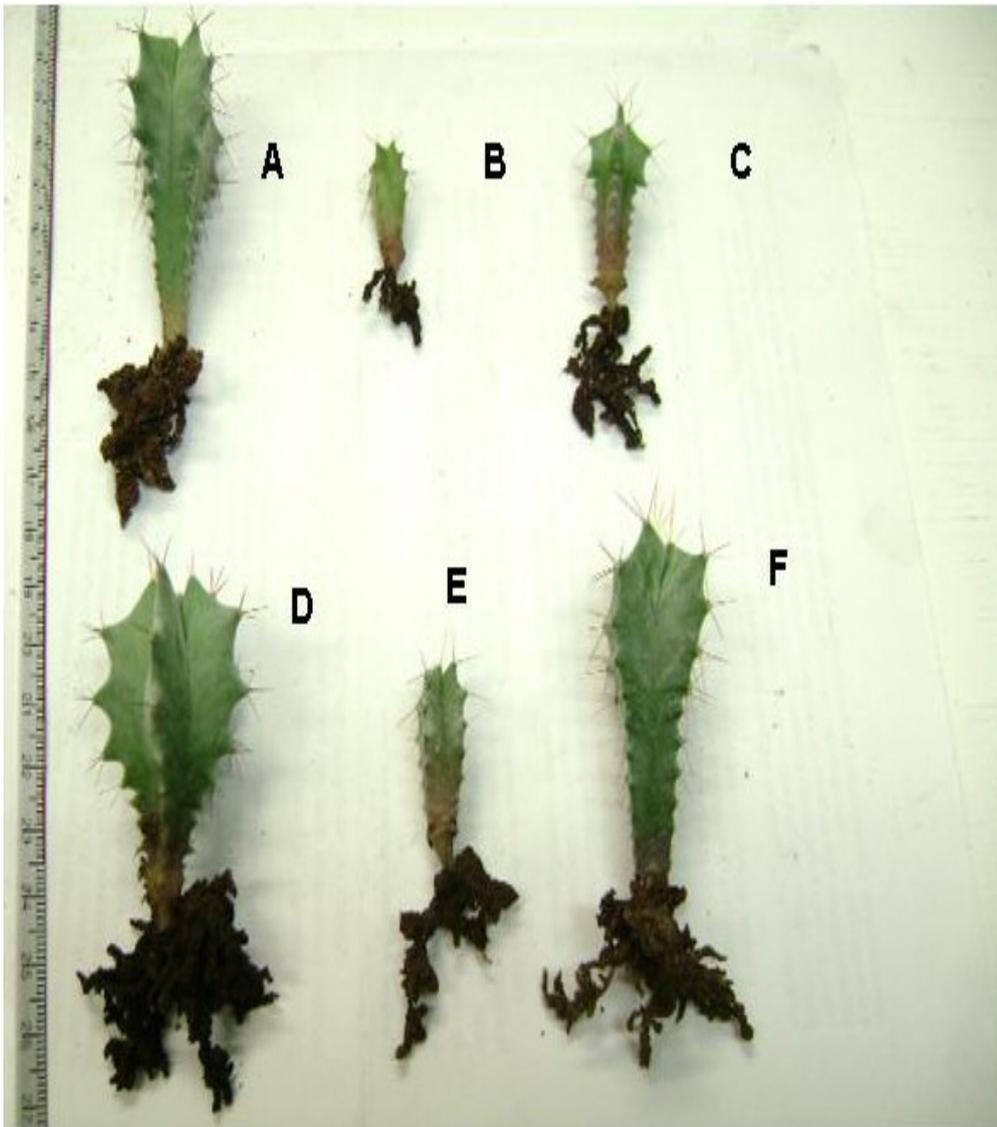


Foto 9. Semillas de pitaya almacenadas en tubo de ensaye



10Foto. Plántulas sobrevivientes de los tratamientos de semillas almacenadas durante 2 meses: Sin deshidratar A)-18°C, B) 4°C, C) temperatura ambiente. D) deshidratadas 6.5% a temperatura ambiente, deshidratadas 10% a E) 4°C y F) temperatura ambiente.



Foto 11. Plántulas sobrevivientes de los tratamientos de semillas almacenadas durante 4 meses: Sin deshidratar: A) -18°C , B) 4°C , C) temperatura ambiente. Deshidratadas 6.5% D) 4°C , E) temperatura ambiente, Deshidratadas 10% F) 4°C y G) temperatura ambiente



Foto 12. Plántulas sobrevivientes de los tratamientos de semillas almacenadas durante 6 meses: Sin Deshidratar A) -18°C, B) 4°C, C) temperatura ambiente, Deshidratadas 6.5% D) -18°C, E) 4°C, F) temperatura ambiente. Deshidratadas 10% G) -18°C, H) 4°C y I) temperatura ambiente.