

Tolerancia a la deshidratación de las semillas de *Stenocereus pruinosus* (Otto) Buxb

Flores-Tirado Citlalli*, Trujillo-Hernández Antonia, Mandujano-Piña Manuel

Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Av. De los Barrios No. 1, Tlalnepantla, Estado de México, C.P. 54090. México.

*Autor para correspondencia: citlalli.ft@gmail.com

Recibido:

11/junio/2022

Aceptado:

30/diciembre/2022

Palabras clave:

Deshidratación,
germinación,
viabilidad.

Keywords:

Dehydration,
germination,
viability.

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar la tolerancia a la deshidratación de las semillas de *Stenocereus pruinosus* colectadas en mayo de 2021. Se observó la capacidad germinativa durante 30 días, en condiciones de luz natural (3534.10 lux) y temperatura ambiente ($19.02 \pm 6.76^\circ\text{C}$); se aplicó la prueba de viabilidad por tinción con tetrazolio y se calculó la velocidad de germinación. El diseño experimental fue completamente al azar de un factor con tres niveles 9.96%, 2% y 4% de su contenido de humedad. La unidad experimental fue una caja Petri con agar al 1% y 100 semillas con cinco repeticiones. Los resultados indican que la reducción del contenido de humedad no tuvo efecto en las semillas de *S. pruinosus*, la prueba de viabilidad reporta más del 80% de semillas aptas, sin embargo, es posible que la presencia de latencia y polimorfismo no les permitió germinar simultáneamente.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the tolerance to dehydration in the seeds of *Stenocereus pruinosus* collected in May 2021. The germinative capacity was observed for 30 days, under conditions of natural light (3534.10 lux) and room temperature ($19.02 \pm 6.76^\circ\text{C}$); the viability test was applied by staining with tetrazolium and the germination rate was calculated. The experimental design was completely randomized with one factor with three levels (9.96%, 2% and 4% moisture content). The experimental unit was a Petri dish with 1% agar and 100 seeds with five repetitions. The results indicate that the reduction of moisture content had no effect on the seeds of *S. pruinosus*, the viability test reports more than 80% of suitable seeds, however, it is possible that the presence of dormancy and polymorphism did not allow them to germinate simultaneously.



Introducción

Las cactáceas son plantas que crecen principalmente en ambientes áridos o semiáridos, son originarias de América. Se han clasificado cerca de mil 500 especies a nivel mundial y en México se encuentran aproximadamente 700 con un 80% de endemismo (Comisión Nacional Forestal, 2019). De la familia Cactaceae deriva la subfamilia Cactoideae, a la cual pertenece la tribu Pachycereae, que incluye a la mayor parte de las cactáceas columnares. Estas tienen gran importancia comercial, alimenticia, cultural, histórica y ecológica; contribuyen al mantenimiento de otras especies y promueven la diversidad (Guzmán et al., 2007).

Stenocereus pruinosus (Otto) Buxb. conocida como "pitaya, pitaya roja o pitaya de mayo", es una cactácea columnar nativa del sur de México, se distribuye en Chiapas, Guerrero, Guanajuato, Michoacán, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Tamaulipas, Veracruz y Yucatán. Es una planta que alcanza los 5 m de altura; su tallo principal es corto y grueso; sus ramas son numerosas y rígidas de 8 a 10 cm de ancho, con una capa de cera blanca llamada pruinosidad y 5 a 8 costillas rectas o ligeramente onduladas; aréolas circulares de 0.8-1 cm de largo, 5-7 espinas radiales y 1-4 centrales de color gris con punta oscura; flores infundibuliformes, blanquecinas con tonos rosas y alcanzan los 9.5 cm de largo; de mayo a septiembre produce una baya globosa unilocular de 7 cm, la pulpa es carnosa y jugosa de color rojo, púrpura o naranja-verdoso; semillas asimétricas, ovaladas, de 1.79 a 2.37 mm de largo y 1.24 a 1.71 mm de ancho, color negro con rugosidades y quilla de la región dorsal a la apical (Guzmán et al., 2007; Flores et al., 2011).

El fruto de *Stenocereus pruinosus* es valorado por sus propiedades organolépticas, se consume en fresco o se fabrican dulces, mermeladas, conservas, nieves, paletas, aguas frescas, jugos, atole, ate, pasteles, gelatinas, licores, vinos espumosos, yogurt, entre otros (Servicio Nacional de Inspección y Certificación de semillas, 2017). Las betalainas que dan el color al fruto de pitaya tienen alto potencial como pigmento natural, una alternativa a colorantes sintéticos en los alimentos. Estas plantas son utilizadas como materiales de construcción, forraje, cercas vivas o como leña (García-Cruz et al., 2016). Existe evidencia arqueológica del cultivo de pitaya en el Valle de Tehuacán y la Mixteca Baja, donde se encontraron huertos prehispánicos, coloniales y de principios del siglo XX (Luna-Morales, 2007). La pitaya demanda poca agua, crece en terrenos áridos, pedregosos, erosionados o deforestados; esto la convierte en una buena opción para la reforestación y la recuperación de suelos. La preservación de *Stenocereus pruinosus* puede garantizar

el continuo aprovechamiento de esta planta, por sus características es un buen referente para su conservación en los bancos de germoplasma.

Para conservar las semillas en un banco de germoplasma se debe considerar el contenido de humedad y la temperatura, ya que estos elementos pueden modificar la viabilidad y longevidad de la semilla en almacenamiento (Trujillo-Hernández et al., 2017). Existen tres tipos de semillas de acuerdo a su respuesta a la deshidratación; las recalcitrantes, en su mayoría, toleran contenidos de humedad entre 25% y 15%, ninguna sobrevive por debajo del 15% y no pueden almacenarse a temperaturas bajas; las intermedias sobreviven con un contenido de humedad de 10% a 12%; y las ortodoxas, quienes toleran contenidos de humedad de 5% o menos lo cual les da mayor longevidad, ya que pueden almacenarse a temperaturas bajo cero durante largos periodos, además soportan un margen considerable de modificaciones ambientales sin perder su viabilidad (Ellis, 1991). Considerando que la temperatura y el contenido de humedad son factores que influyen en la conservación de la longevidad de muchas semillas, se han realizado estudios para evaluar su viabilidad bajo condiciones específicas, Bejarano en 2011, trabajó con una cactácea en peligro de extinción, *Glandulicatus uncinatus*, analizó el efecto del almacenamiento de las semillas por 1, 6, 9 y 12 meses; con un contenido de humedad de 3-4%, bajo temperaturas de 26, 6, -20, -70 y -196 °C. En sus resultados indicó que *G. uncinatus* presentó 80.2% de viabilidad a 26 °C, sin embargo, la mejor temperatura de preservación fue -70 °C con 93.5%.

Trujillo-Hernández et al. (2017) evaluaron la germinación de semillas de *Escontria chiotilla* ajustadas a 8% de contenido de humedad, almacenadas a temperatura ambiente (23 ± 2 °C) y -20 °C en el banco de germoplasma, los resultados indicaron una sensibilidad de la semilla a la temperatura de almacenamiento, pues hubo una disminución del 24.25 % en la germinación de las semillas que estuvieron a -20 °C con respecto a las que se mantuvieron a temperatura ambiente (12.65 %).

Un estudio posterior confirmó la importancia del contenido de humedad en las semillas de *E. chiotilla*. Los resultados indicaron que la jiotilla puede conservar su germinación en un 75% con un contenido de humedad de 8% y con 6% mantiene 95%, almacenadas en temperatura ambiente de 23 ± 2 °C (Trujillo-Hernández et al., 2018).

En 2010, Piña evaluó durante 3 meses las condiciones de conservación de las semillas de *Stenocereus pruinosus*, deshidratadas a 5% y almacenadas a -10°C y a temperatura ambiente (22 ± 2 °C); encontró que la

germinación de 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%. Aunado a esto, sugiere la posibilidad del comportamiento ortodoxo de esta especie.

Antecedentes indican que las semillas de cactáceas tienen un comportamiento ortodoxo, pudiendo tolerar deshidratación por debajo del 5%. Por lo tanto, se espera que las semillas de pitaya mantengan su viabilidad a 4% y 2% de contenido de humedad, para su posterior conservación a temperatura ambiente.

Por tanto analizar la respuesta de las semillas bajo tratamientos de deshidratación es importante para establecer un óptimo manejo de las mismas, para su conservación tanto en los bancos de germoplasma como fuera de él, por lo cual, el presente trabajo tiene como objetivo evaluar la tolerancia a la deshidratación en las semillas de *Stenocereus pruinosus* (Pitaya), a contenidos de humedad de 4% y 2% así como determinar la viabilidad por medio de la prueba de tinción con tetrazolio y su capacidad de germinación en los diferentes tratamientos.

Metodología

Zona de Recolección de los frutos

Los frutos de *Stenocereus pruinosus* se colectaron durante el mes de mayo del 2021, en la localidad de Venta Salada (figura 1),



Figura 2. Ubicación de Venta Salada, Coaxcatlán Puebla (Google, 2021).

pertenece al municipio de Coaxcatlán, Puebla, ubicado en los paralelos $18^{\circ} 07' 54''$ y $18^{\circ} 21' 06''$ de latitud norte, y los meridianos $96^{\circ} 59' 06''$ y $97^{\circ} 12' 06''$ de longitud occidental. Colinda al Norte con Ajalpan y Zoquitlán, al Sur con el Estado de Oaxaca, al Este con Coyomeapan y al Oeste con Zinacatepec y San José Miahuatlán. La vegetación en esta localidad es matorral cracicaule con dominancia fisonómica de *Escontria chiotilla* por lo que se denomina "Jiotillal". Tiene un clima seco y su suelo es clasificado como Regosol (INAFED, s.f.).

Se seleccionaron 3 frutos, cuyas características fueron: peso promedio de 129.8 g, 72.35 mm de longitud y 50.47 mm de diámetro, de color rojo uniforme, con el exocarpo sin daño aparente, así como se consideró el criterio de maduración del fruto, utilizado por los recolectores de la zona, el cual consiste en el fácil desprendimiento de las espinas del fruto al cosecharlo, ambas características fueron consideradas como indicadores de maduración.

Obtención de semillas

Se extrajo la pulpa del fruto con una cuchara, se colocó en un colador de cocina con malla de plástico, con ayuda de un pincel de cerdas de camello se separaron las semillas, se enjuagaron con agua corriente y se colocaron en papel absorbente para dejarlas secar a temperatura ambiente posteriormente fueron almacenadas en bolsas de papel encerado.

Determinación de contenido de humedad

Se secaron dos recipientes de aluminio con tapa a 130°C por una hora, se dejaron enfriar en el desecador durante otra hora. Se rotularon y pesaron los recipientes con tapa y se registró el peso (P1). Después, se colocó una muestra de 0.5 g de semillas en cada recipiente, se tapó y se pesó de nuevo registrando los resultados (P2). Posteriormente se introdujeron los recipientes, sin tapa, en el horno a 130°C por una hora, al terminar se colocó la tapa y se llevaron los recipientes al desecador por 45 minutos. Se volvió a registrar el peso de los recipientes con las muestras secas (P3) y se calculó en porcentaje el contenido de humedad con base en el peso fresco aplicando la siguiente fórmula.

$$\text{Contenido de humedad}(\%) = \frac{P2 - P3}{(P2 - P1)} * 100$$

Por último, se promediaron los resultados de las dos repeticiones, tomando en cuenta dos decimales (Rao et al., 2007).

Contenido de humedad objetivo

Se pesó la muestra de semillas (Peso inicial) que se requerían secar, utilizando un gramo para cada

contenido de humedad y se calculó el peso necesario para llevarlas al nivel de humedad objetivo (HO) correspondiente a 2% y 4%, utilizando el valor del contenido de humedad inicial (CHI). Estos datos se utilizaron para aplicar la siguiente ecuación (Rao et al., 2007):

$$\text{Peso final} = \text{Peso inicial} * \frac{100 - \text{CHI}}{100 - \text{HO}}$$

Para deshidratar las semillas se colocaron en recipientes de aluminio sin tapa dentro de un desecador con silica gel con indicador de humedad y se pesaron cada 24 horas en una balanza con precisión de ± 0.0001 g. Posteriormente al acercarse al punto de humedad objetivo los registros se realizaron a intervalos de 12, 6 y 3 horas hasta obtener el peso requerido.

Viabilidad

Se aplicó la técnica de tinción del embrión con tetrazolio, para evaluar la viabilidad de las semillas después de la aplicación de los tratamientos, según la norma ISTA; se retiró la testa de cada semilla y se colocaron en 5 ml de solución de cloruro de 2,3,5- trifeniltetrazolio al 0.1 % durante 24 horas, posteriormente se enjuagaron tres veces con agua destilada y se revisó el patrón de tinción en un microscopio estereoscópico AmScope ST-40A-2L. El criterio para considerar viable a la semilla fue que el embrión presentara una tinción completa (100%) de color rojiza o una tinción parcial (75% y 50%), se consideraron semillas no viables aquellas que no cumplieran con estos requisitos, y presentaban una coloración inusual: de acuerdo a la posición y el tamaño del área sin teñir, semillas con menos del 50% de tinción en la zona del ápice de la radícula de color rosa y semillas sin teñir (FAO, 2019).

Germinación

Se realizó la siembra de 100 semillas en una placa de agar-agar al 1% en cajas de Petri con 5 repeticiones por tratamiento. El experimento se realizó en el municipio de Naucalpan de Juárez, Estado de México utilizando un Data logger marca HOBO modelo U12-012, para medir cada cinco minutos la intensidad luminosa y la temperatura. Las cajas se colocaron en un espacio con luz natural, filtrada por un cristal (3534.10 lux) y a temperatura ambiente (máxima de 39.4°C, mínima de 10.7°C y media de 19.02±°C) La germinación se registró diariamente durante 30 días, considerando germinada cuando la radícula tenía un tamaño aproximado de 3 mm.

Diseño experimental

Se aplicó un diseño experimental completamente al azar de un factor con tres niveles: 1) testigo, semillas con su

contenido de humedad total, 2) semillas deshidratadas a un contenido de humedad de 4% y 3) semillas a un contenido de humedad del 2%.

Análisis de resultados

A los resultados del porcentaje de germinación se les aplicó la transformación del arco seno y con el programa estadístico SAS System 9 se realizó un análisis de varianza de un factor y la prueba de comparación de medias Tukey con $\alpha=0.05$. Además, se procesaron los datos para obtener la velocidad de germinación propuesto por Maguire (González-Zertuche y Orozco-Segovia, 1996) que corresponde a la relación del número de semillas germinadas del día (n_i) con el tiempo de germinación desde la siembra hasta la germinación de la última semilla (t), esto se calculó con la ecuación:

$$M = \sum \left(\frac{n_i}{t} \right)$$

Se revisó la normalidad de los mismos y para su comparación se analizaron con la técnica de Kruska Wallis.

Resultados y discusión

El contenido de humedad total de acuerdo a la fórmula de Rao et al. (2007) arrojó un promedio de 9.96%; el tiempo requerido para llevar las semillas a 4 y 2% de su contenido de humedad, tuvo una duración de 23 días (Figura 2).

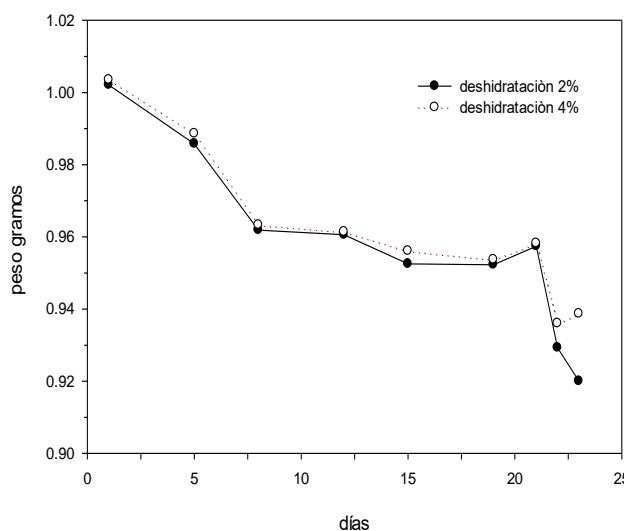


Figura 3. Tiempo de deshidratación requerido en semillas de *S. pruinosus* para llevar al contenido de humedad objetivo.

La germinación diaria (figura 3) mostró que las semillas del grupo testigo y las deshidratadas al 4 y 2% de su contenido de humedad tuvieron un promedio final de

70.06, 74.4 y 75.4% respectivamente; al realizar la prueba de comparación de medias Tukey con $\alpha=0.05$ no se observaron diferencias significativas (figura 4); lo que indica que la reducción en el contenido de humedad de las semillas no tuvo efectos sobre su capacidad germinativa.

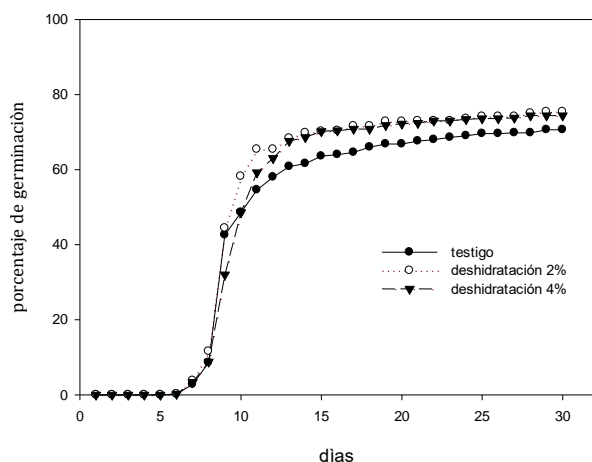


Figura 4. Comportamiento de germinación diaria acumulada de semillas de *S. pruinosus*, registrada durante 30 días consecutivos.

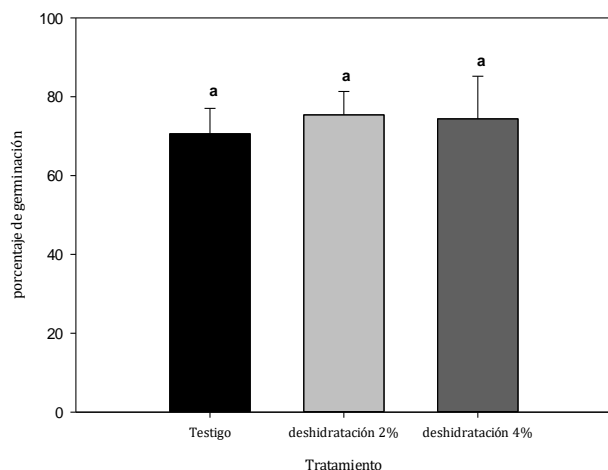


Figura 5. Promedio final de germinación por tratamiento en semillas de *S. pruinosus*. Promedio ($n=5$) \pm ds. Medias con la misma letra no son significativamente diferentes

La velocidad de germinación de acuerdo al índice de Maguire (tabla 1), muestra que, el día 6 inicia la germinación en los tres tratamientos con un índice de velocidad de 0.03; posteriormente se observa un aumento gradual hasta el día 11 donde el tratamiento a 2% de contenido de humedad registró una velocidad máxima de 5.95, seguida por 5.38 del tratamiento a 4% de contenido de humedad y por último el grupo testigo con 4.96.

A partir del día 12 se nota un descenso en la velocidad de germinación. Sin embargo, esta tendencia no presenta diferencia estadística.

Tabla 10. Velocidad de germinación de *S. pruinosus* de acuerdo al índice de Maguire.

Día	Testigo	Deshidratación 2%	Deshidratación 4%
6	0.03 a	0.03 a	0.03 a
7	0.40 a	0.54 a	0.49 a
8	1.08 a	1.45 a	1.10 a
9	4.73 a	4.93 a	3.56 a
10	4.86 a	5.82 a	4.86 a
11	4.96 a	5.95 a	5.38 a

Nota: Letras iguales indican no diferencia estadística

La viabilidad de las semillas sometidas a la técnica de tinción con tetrazolio fue clasificada en seis categorías diferentes, de acuerdo al patrón de tinción y porcentaje teñido (Tabla 2).

Los resultados indicaron 95% de viabilidad para el grupo testigo (Figura 5), 81.24% para el tratamiento a 2% de humedad (Figura 6) y 100% para las deshidratadas al 4% (Figura 7). Un bajo porcentaje de las semillas se consideró no viable por la ausencia de embrión y sólo presentar tegumento.

Tabla 11. Categorías del patrón de tinción observado en embriones de *S. pruinosus* sometidos a la técnica con tetrazolio.

Viables		
Rojo 100%	Rojo 75%	Rojo 50%
No viables		
Rojo 25%	Sin tinción	Sin embrión

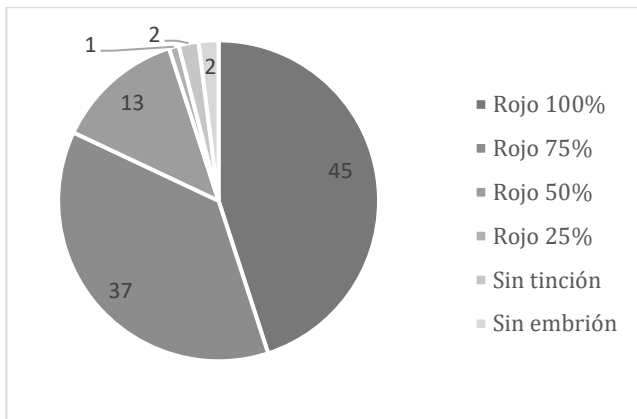


Figura 6. Porcentaje de viabilidad evaluada con la técnica de tinción con tetrazolio, en semillas de *S. pruinosus* del grupo testigo con contenido de humedad inicial.

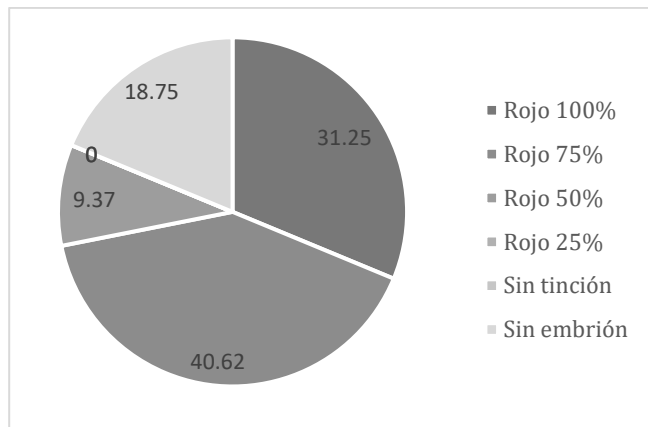


Figura 7. Porcentaje de viabilidad evaluada con la técnica de tinción con tetrazolio, en semillas de *S. pruinosus* a 2% de contenido de humedad. No se presentaron registros para “rojo 25%” ni “sin tinción”.

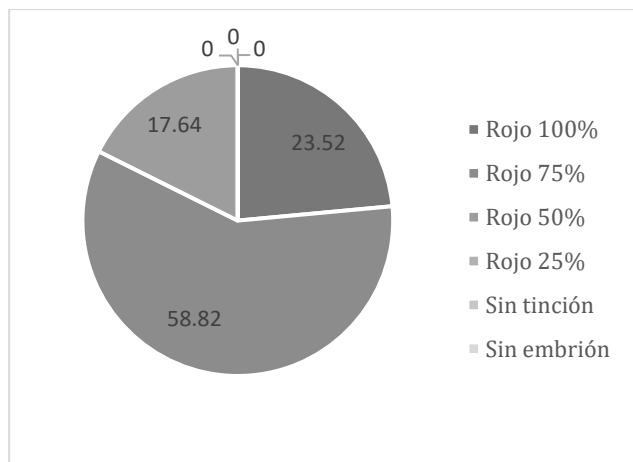


Figura 8. Porcentaje de viabilidad evaluada con la técnica de tinción con tetrazolio en semillas de *S. pruinosus* a 4% de

contenido de humedad. No hubo registros para “rojo 25%”, “sin tinción” y “sin embrión”.

Al término de la prueba de germinación, las plántulas presentaron una tonalidad rojiza y un número considerable de semillas sin germinar. Diversos artículos señalan que el nivel óptimo para la germinación de cactáceas es cercano a 25°C; también mencionan que la temperatura favorable oscila entre 17 y 34°C, sin embargo, hay especies que tienen menor o mayor plasticidad y tolerancia (Mazzola et al., 2013; Rojas-Aréchiga y Vázquez-Yanes, 2000). En otra investigación se observó que en temperaturas de 20-30°C las semillas de los cactus alcanzan su máxima germinación (Méndez y Pérez, 2008). Los resultados de este proyecto indican que la temperatura media fue de 19.02°C, la cual se encuentra por debajo de lo reportado, por lo que esta condición pudo no ser la adecuada para iniciar la germinación en todas las semillas viables o romper la latencia.

De acuerdo a Ruedas et al. (2000), el porcentaje de germinación encontrado está dentro de lo reportado para la familia Cactaceae los cuales pueden alcanzar valores superiores al 70% bajo diversas condiciones. Lo anterior también concuerda con lo encontrado por Piña en 2010, quien obtuvo 85% de germinación en *Stenocereus pruinosus*, esto indica que la especie tiene alta plasticidad y tolerancia a los cambios ambientales que ocurren durante la germinación.

Los resultados de viabilidad con tinción de tetrazolio indican que más del 80% de las semillas son aptas para germinar, sin embargo, esto no concuerda con la prueba de capacidad germinativa, ya que los tres tratamientos presentaron un porcentaje de germinación por debajo de 75.4%. En el trabajo de Piña (2010) también se encontró una diferencia entre la viabilidad por tinción con tetrazolio y la prueba de capacidad germinativa, este autor menciona que la posible causa de esta diferencia es la latencia que puede presentar una porción de la población de semillas.

La temperatura pudo ser un factor importante para no romper la latencia forzada. Las semillas de plantas que viven en ambientes áridos emplean la latencia como una estrategia para sobrevivir en condiciones extremas, se presenta cuando el medio no cumple con las condiciones adecuadas, por lo tanto, no se lleva a cabo la germinación. La latencia forzada está regulada por condiciones ambientales tales como luz y/o temperatura; cuando estas condiciones ambientales negativas son eliminadas, las semillas están listas para germinar (Rojas-Aréchiga y Vázquez-Yanes, 2000; Sánchez et al., 2010).

Existen semillas de la misma generación con polimorfismo por lo que su germinación se da a diferente tiempo por presentar una latencia más profunda. En este sentido se sabe que la latencia es el principal factor que influye en la supervivencia de las semillas en el suelo y en la tasa de agotamiento de la población de semillas viables de los bancos de semillas subterráneos; de esta forma, las semillas que no germinaron podrían formar parte de dichos bancos, esperando el momento en que las condiciones les permitan germinar (Murdoch y Ellis, 2000).

La velocidad de germinación tuvo un comportamiento similar en los tres tratamientos, sin diferencia estadística, se puede observar una pequeña aceleración para el grupo de 2% de contenido de humedad; a pesar de esto, la germinación inicia en día 6 y llega a su máximo registro en el día 11 en todos los tratamientos, lo que indica que la deshidratación no tuvo efecto en las semillas llevadas a 2% y 4% de su contenido de humedad.

Conclusiones

Los resultados del trabajo indican tolerancia a la deshidratación de las semillas de *Stenocereus pruinosus* a 4% y 2% de la reducción de su contenido de humedad ya que no tuvo efecto sobre la capacidad germinativa de las semillas, ni sobre la velocidad de germinación. La prueba de viabilidad por tinción de tetrazolio reportó un porcentaje mayor al de germinación atribuido a la presencia de latencia y polimorfismo en las semillas.

Referencias

Bejarano León, V. (2011). Preservación de semillas de *Agave victoriae-reginae* (Agavaceae) y *Glandulicactus uncinatus* (Cactaceae), especies endémicas y en peligro de extinción, [Tesis de maestría]. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Comisión Nacional Forestal. (2019). Bellas y muy mexicanas: Las cactáceas. Comisión Nacional Forestal. <https://www.gob.mx/conafor/es/articulos/bellas-y-muy-mexicanas-las-cactaceas?idiom=es>

Ellis, H. (1991). The longevity of seeds. *HortScience*, 26(9), 1119-1125.

Google. (2021). [Venta Salada, Coaxcatlán Puebla]. Recuperado el 7 de octubre de 2021 de [https://www.google.com/maps/place/Coxcatlán,+Puebla/@18.2670207,-](https://www.google.com/maps/place/Coxcatlán,+Puebla/@18.2670207,-97.1684742,17z/data=!4m5!3m4!1s0x85c5ca4396a50261:0x24e0173674927865!8m2!3d18.2655444!4d-97.1503761)

[97.1684742,17z/data=!4m5!3m4!1s0x85c5ca4396a50261:0x24e0173674927865!8m2!3d18.2655444!4d-97.1503761](https://www.google.com/maps/place/Coxcatlán,+Puebla/@18.2670207,-97.1684742,17z/data=!4m5!3m4!1s0x85c5ca4396a50261:0x24e0173674927865!8m2!3d18.2655444!4d-97.1503761)

Flores Monter, Y.N., Reyna Trujillo, T., Cervantes Ramírez, M.C., y Luna Morales, C. (2011). Distribución geográfica y potencial de *Stenocereus pruinosus* y *Stenocereus stellatus* (Cactaceae) en la Mixteca Poblana, México. *Cactaceas y suculentas de México*, 56(1), 4-20.

García-Cruz, L., Valle-Guadarrama, S., Salinas-Moreno, Y. y Luna-Morales, C. (2016). Postharvest quality, soluble phenols, betalains content, and antioxidant activity of *Stenocereus pruinosus* and *Stenocereus stellatus* fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 111, 69-76.

González-Zertuche, L. y Orozco-Segovia, A. (1996). Métodos de análisis de datos en la germinación de semillas, un ejemplo: *Manfreda brachystachya*. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 58, 15-30.

Guzmán, U., Arias, S. y Dávila, P. (2007). *Catálogo de cactáceas mexicanas*. Universidad Nacional Autónoma de México y Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad.

Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal (INAFED). (s.f.). Coaxcatlán. *Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México*. <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM21puebla/municipios/21035a.html>

Luna-Morales, C. (2007). Ordenación y clasificación morfológica del fruto de cultivares mixtecos de pitaya (*Stenocereus pruinosus*) en México. *Agrociencia*, 11(2), 10-16.

Mazzola, M., Cenizo, V. y Kin, A. (2013). Factores que afectan la germinación de *Trichocereus candicans* (Cactaceae). *Boletín de la sociedad argentina de botánica*, 48, 3-4.

Méndez, E. y Pérez González, S. B. (2008). Germinación de *Echinopsis leucantha* (Cactaceae). *Revista de la facultad de ciencias agrarias*, 40(2), 91-96.

Murdoch, A. y Ellis, R. (2000). Seeds. *The ecology of regeneration in plant communities*. CABI Publishing.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2019). *Módulo 3: Control de calidad y certificación de semillas*. Materiales para la capacitación en semillas. <http://www.fao.org/3/ca1492es/CA1492ES.pdf>

Piña Moreno, F. (2010). *Conservación ex situ de las semillas de Stenocereus pruinosus* (Otto) F. Buxbaum de Venta Salada, municipio de Coaxcatlán, Puebla (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional Autónoma de México.

Rao Kameswara, N., Hanson, J., Dulloo Ehsan, M., Ghosh, K., Novell, D. and Larinde, M. (2007). Manual para el

manejo de semillas en bancos de germoplasma. *Manuales para bancos de germoplasma No. 8.*

Rojas-Aréchiga, M. y Vázquez-Yanes, C. (2000). Cactus seed germination: a review. *Journal of arid environments*, 44, 85-104.

Ruedas, M., Valverde, T. y Castillo Argüero, S. (2000). Respuesta germinativa y crecimiento de plántulas de *Mammillaria magnimamma* (Cactaceae) bajo diferentes condiciones ambientales. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 66, 25-35.

Sánchez Salas, J., Jurado Ybarra, E., Pando Moreno, M., Flores Rivas, J. y Muro Pérez, G. (2010). Estrategias germinativas de las semillas en ambientes áridos. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, 9(1), 35-38

Servicio Nacional de Inspección y Certificación de semillas. (2017). *Pitaya (Stenocereus spp.)* <https://www.gob.mx/snics/acciones-y-programas/pitaya-stenocereus-spp-119661>

Trujillo-Hernández, A., López-Herrera, A. y Mandujano-Piña, M. (2017). Almacenamiento y germinación de las semillas de Jiotilla con diferente peso. *Revista Bio Ciencias*, 4(3), 153-163.

Trujillo Hernández, A., Mandujano Piña, M., López Herrera, A. y Bello Pérez, E. (2018). Respuesta germinativa de las semillas de *Escontria chiotilla* (F.A.C. Weber ex K. Schum) Rose, almacenadas durante cuatro años. *Revista tendencias en docencia e investigación en química*, 4(4), 651-655.