

Viabilidad y germinación de semillas de *Haematoxylum campechianum* L. en función de temperatura y periodo de almacenamiento

Ana Yeli Tzeek-Díaz¹

Mónica Beatriz López-Hernández^{1,5}

Antonio Villalobos-González²

Pedro Salvador-Morales¹

Enrique Arcocha-Gómez¹

Leticia del Carmen González-Durán¹

1 Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Chiná. Calle 11 s/n entre 22 y 28, Chiná, Campeche, México. CP. 24520.

2 Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias-Campo Experimental Edzná. Campeche, México. CP. 24520.

Autor para correspondencia: monica.lh@china.tecnm.mx.

Resumen

Haematoxylum campechianum L., conocido como palo de Campeche o palo de tinte y entre los pobladores mayas como éek, tooso boon che' o palo, con alto valor comercial se encuentra creciendo como planta silvestre en la Península de Yucatán, esta especie es un taxón distribuido en la región, con valor con histórico, patrimonial y económico, debido a su comercialización como materia prima para extraer tinturas naturales. Los objetivos de esta investigación fueron determinar la morfometría, viabilidad y germinación de semillas de palo de tinte en campeche en función de la temperatura y periodo de almacenamiento, con la finalidad de incrementar su potencial de aprovechamiento forestal. Se recolectaron semillas en el municipio de Escárcega, Campeche, en el mes de marzo del año 2024. Se realizaron pruebas de germinación y viabilidad (prueba de tetrazolio) cada 30 días durante ocho meses, a diferentes temperaturas (-18 °C, 3 °C, 23 °C y temperatura ambiente # de 31 °C). Se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) del porcentaje de germinación (% G) de acuerdo con el tiempo de almacenamiento, donde el mayor porcentaje de germinación (90%) fue en la temperatura de 3 °C. La viabilidad se mantuvo durante 180 días, después fue disminuyendo gradualmente, por las características encontradas se infiere que las semillas de *H. campechianum* se clasifican como intermedias.

Palabras clave:

Haematoxylum campechianum L., fisiología, forestal, semilla.



Introducción

México ocupa el séptimo lugar entre los países con las tasas más altas de deforestación en el mundo, siendo las regiones tropicales del país las que sufren el mayor daño ambiental debido a diferentes actividades humanas (FAO, 2025).

Los bosques tropicales están mejores representados en el sureste del país en donde existen sitios privilegiados, como los estados de Chiapas, Tabasco y Campeche que cuentan con múltiples factores como son: la precipitación, luz, temperatura, suelos, topografía, entre otros, que al interactuar determinan la distribución de la vegetación (SEMARNAT, 2017).

H. campechianum es un árbol silvestre de la Península de Yucatán de la familia Fabaceae, se encuentra en tierras bajas, con suelos arcillosos y profundos con escaso drenaje (Niembro, 2002), en los que se desarrolla selva baja inundable conocida como Ak'alche en la terminología maya (Chable-Vega *et al.*, 2019).

Con frecuencia *H. campechianum* forma agrupaciones densas conocidas como tintales. Debido a su amplia plasticidad ecológica, logra adaptarse a diferentes ambientes y crece asociado a selva alta subperennifolia, selva mediana subcaducifolia y subperennifolia, manglares, matorrales, orilla de ríos u otros cuerpos de agua y en vegetación secundaria (Pennington y Sarukhán, 1998; Niembro, 2002).

Este taxón, con valor histórico, patrimonial y económico, debido a su comercialización como materia prima para extraer la hematoxilina, un tinte natural (Contreras, 2010), que se utiliza en aplicaciones citológicas para teñir la cromatina uniéndose a componentes ácidos como los grupos fosfatos del ADN nuclear, se le atribuyen también propiedades antiinflamatorias, antioxidantes, antisépticas y anticancerígenas (Duke, 2008).

Así mismo se sigue usando como tinte natural de fibras textiles y en el área artesanal para teñir ropa, hamacas y sombreros de jipijapa, por la dureza de su madera se utiliza también en postes de cercas y la elaboración de carbón (Peng *et al.*, 2014; Plasencia *et al.*, 2017).

Actualmente muchos tintales están sufriendo una reducción significativa asociado con actividades antropogénicas en su hábitat, cómo son: la destrucción, degradación y fragmentación de ecosistemas, principalmente debido a la expansión agrícola, la urbanización y la tala ilegal (Vester *et al.*, 2007).

La deforestación en los sitios donde se localizan los tintales apunta a un riesgo inminente de sus poblaciones, con el peligro que esto significa para toda la diversidad de flora y fauna asociada (Plasencia-Vázquez *et al.*, 2025).

Por lo anterior, y el valor que representa el palo de tinte desde el punto de vista económico y para la diversidad es determinante implementar programas de reforestación y conservación. Aunque la investigación sobre los procesos de germinación de semillas de *H. campechianum* es escasa, es necesario el conocimiento de su calidad física y fisiológica después de ser cosechadas, y como cambia se modifica a través del tiempo de almacenamiento esto con la finalidad de desarrollar un plan de manejo adecuado para su conservación.

Con base a las respuestas a la desecación, las semillas se dividen principalmente en dos categorías: semillas ortodoxas (tolerantes a la desecación) y recalcitrantes (sensibles a la desecación) (Roberts, 1973). Las semillas ortodoxas pueden ser almacenadas después de su deshidratación bajo un amplio rango de condiciones ambientales; pero las semillas recalcitrantes no toleran la deshidratación y por consiguiente, se hace muy difícil su conservación por métodos tradicionales en bancos de germoplasmas (Ellis *et al.*, 2007).

Existe un tercer grupo de semillas que se reconocen como intermedias, como su nombre lo indica, su comportamiento es intermedio entre las recalcitrantes y las ortodoxas (Hong y Ellis, 1996), pero son tolerantes a la desecación.

La calidad fisiológica de una semilla influye en la suma de todas las características que determinan su comportamiento y el posible nivel del desarrollo del cultivo; en los componentes de calidad de la semilla influyen aspectos genéticos, físicos, fisiológicos y de salud (microorganismos e insectos)(Velázquez, 2014; ISTA, 2024).

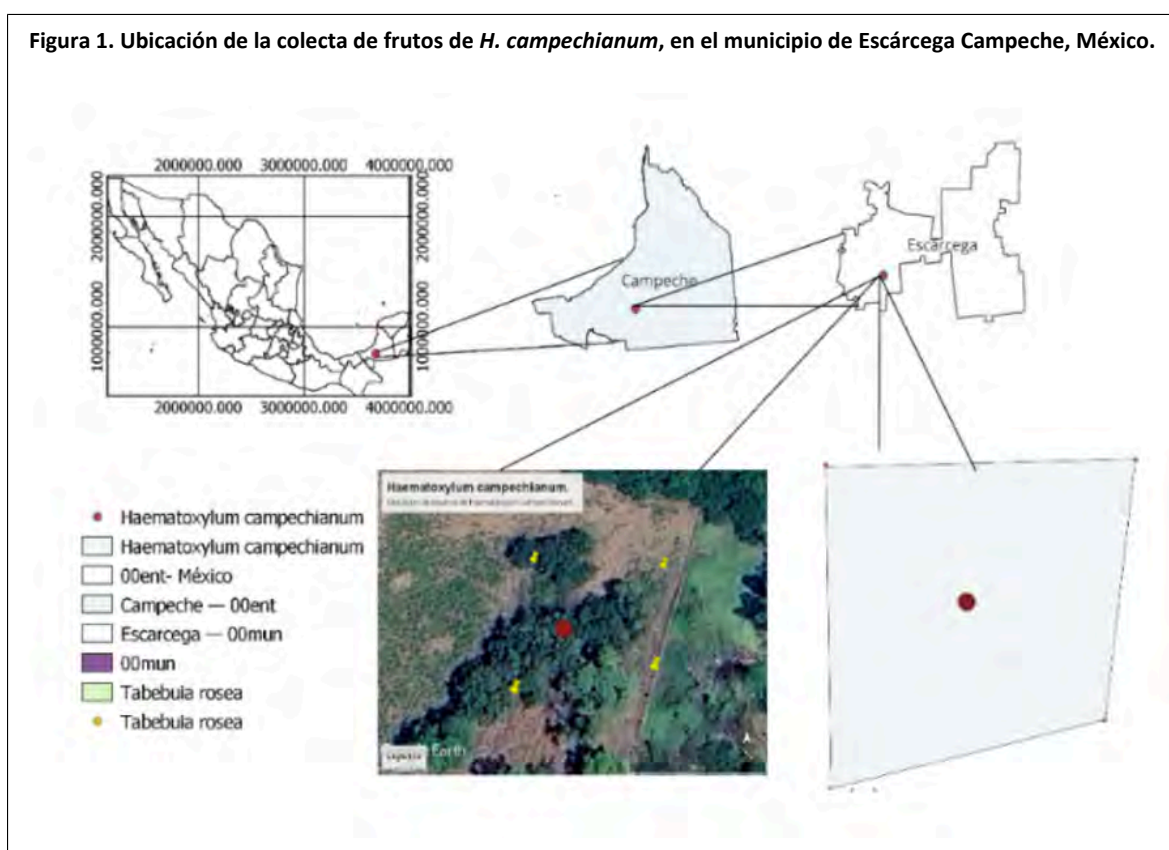
Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue determinar la viabilidad y germinación de semillas de *H. campechianum* en función de temperatura y periodo de almacenamiento, con la finalidad de determinar la temperatura y el tiempo máximo de almacenamiento que garanticen altos porcentajes de germinación.

Materiales y métodos

Colecta de semillas

Las semillas de *H. campechianum* fueron colectadas el 21 de marzo del 2024, en el municipio de Escárcega, Campeche con coordenadas: 18.4221259, -90.7944725; 18.4249464, -90.7884012 (Figura 1), el clima es cálido-subhúmedo con lluvias en verano, la temperatura media anual es de 26 °C y la precipitación anual de 1 100-1 200 mm (García, 2004).

Figura 1. Ubicación de la colecta de frutos de *H. campechianum*, en el municipio de Escárcega Campeche, México.

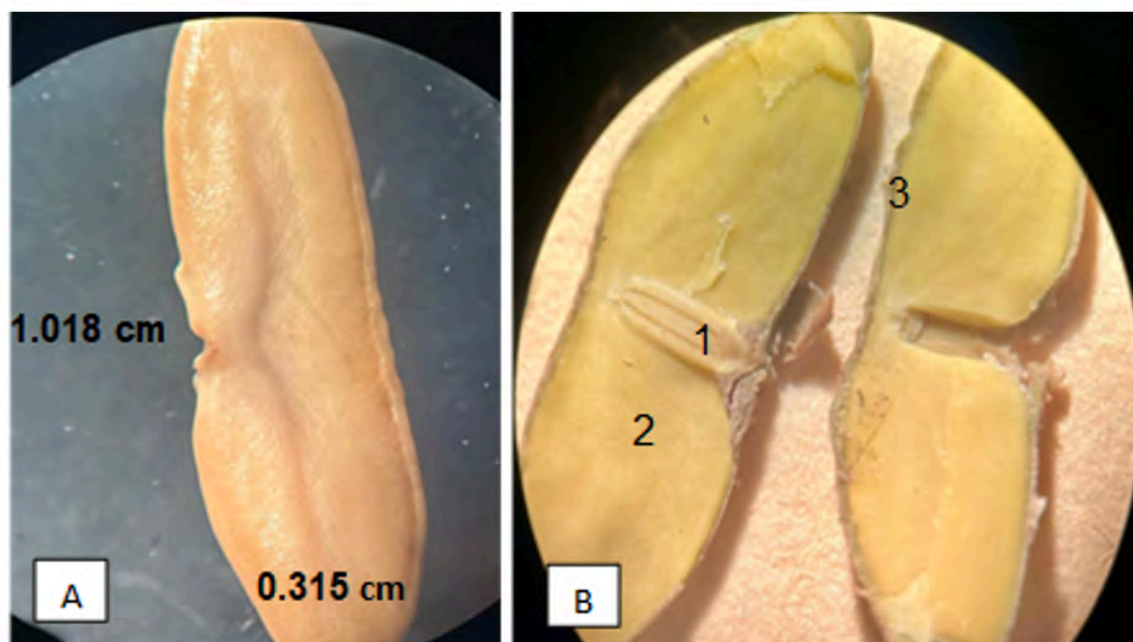


La colecta se realizó de acuerdo con la metodología de Vallejos *et al.* (2010), las semillas se obtuvieron directamente de la copa de 20 árboles y se almacenaron en costales de henequén, con la finalidad de evitar la acumulación de humedad y con ella la presencia de hongos enseguida se transportaron para su procesamiento, al laboratorio de ecofisiología de cultivos tropicales del Tecnológico Nacional de México, *Campus* Chiná, ubicado en el estado de Campeche, México (19° 45' 37" N; 90° 29' 46" O), con una altitud sobre el nivel del mar de 20 m y un clima predominante tipo cálido subhúmedo con lluvias en verano de junio a octubre, temperatura anual promedio de 26 °C y precipitación que varía entre 1 100 mm y 2 000 mm (García, 2004).

Caracterización morfométrica de semillas de *H. campechianum*

Se utilizaron semillas sanas, enteras y uniformes. Se seleccionaron aleatoriamente cuatro grupos de 20 semillas y las variables que fueron cuantificadas fueron: largo (mm) y ancho (mm) de la semilla con ayuda de un calibrador digital (vernier digital Truper® modelo CAL-6MP) (Figura 2).

Figura 2. Morfología de semillas de *H. campechianum*: A) vista externa de la semilla, con las medidas de 1.018 cm de largo y 0.315 cm de ancho; y B) vista interna de la semilla, observando las partes etiquetadas, 1) el embrión; 2) el cotiledón; y 3) cubierta de la semilla.



Caracterización del lote de semillas

Parámetros físicos y fisiológicos de semillas al inicio del estudio. Los parámetros físicos de calidad de la semilla se determinaron al inicio del estudio, un día después de ser colectadas, previo al almacenamiento y fueron los siguientes: peso de 100 semillas, pureza, contenido de humedad, porcentaje de viabilidad de semilla mediante la prueba topográfica por tetrazolio y porcentaje de germinación mediante la prueba de papel. Se utilizó un tamaño de muestra homogéneo según lo especificado en las reglas de la Asociación Internacional de Prueba de Semillas (ISTA, 2024), 100 semillas para cada prueba con tres repeticiones.

Peso de 100 semillas. Se realizó el pesaje de 100 semillas con tres repeticiones, con una balanza digital de precisión de 0.001 g (OHAUS Adventurer®). Con los datos obtenidos se determinó el número de semillas por kilogramo (ISTA, 2024): número de semillas por kg= (número de semillas de la muestra/peso de la muestra (g)*1 000).

Pureza física. La semilla se considera pura si aparece normal en cuanto a su tamaño, forma y aspecto general externo. Inversamente, se considera como impura la semilla que es demasiado pequeña, que ha sido parcialmente comida por los insectos o pone en evidencia manchas producidas por los hongos. Se determinó mediante la separación de una muestra representativa en tres componentes principales: semilla pura, otras semillas y materia inerte. A continuación, se pesaron las semillas puras. Se cuantificó el porcentaje de pureza con la siguiente fórmula (ISTA, 2024): % de pureza= (peso de semillas limpias/peso de la muestra)*100.

Contenido de humedad. Se empleó el método de secado en estufa, se usaron tres repeticiones de 100 semillas. Las semillas fueron colocadas en sobres de papel estraza para después introducir las en la estufa de secado (Thermo Scientific®) a 95 °C por 72 horas, después del periodo de secado, con ayuda de la balanza digital se tomó el peso de materia seca. Para cuantificar el contenido de humedad se aplicó la siguiente fórmula (ISTA, 2024): contenido de humedad (%) = [(peso fresco - peso anhidro)/peso fresco]*100.

Prueba de viabilidad inicial. La viabilidad de las semillas se determinó con la técnica de tetrazolio, de acuerdo con la normatividad internacional del ISTA (2024) y consistió en la inmersión de las semillas en una solución de cloruro de 2,3,5-trifeniltetrazolio al 1% por un periodo de 8 h a temperatura ambiente y ausencia de luz. Previamente se realizó un corte transversal de la semilla con un bisturí y de esta manera facilitar la penetración de la solución. Posteriormente se eliminó el exceso de la solución y se evaluó la viabilidad con ayuda de un estereoscopio (10x).

La viabilidad de las semillas se determinó según la coloración del embrión: semillas totalmente teñidas (embriones viables y vigorosos), semillas parcialmente teñidas (embriones viables con medio vigor) y semillas no teñidas (embriones no viables) (Rao *et al.*, 2007). Se evaluaron tres repeticiones de 20 semillas, se determinó al inicio del experimento una vez colectadas las semillas. La viabilidad se determinó con la siguiente expresión: % de viabilidad = número de semillas teñidas/número total de semillas.

Germinación inicial. Una prueba de germinación se realiza para determinar qué proporción de las semillas de una accesión germinará en condiciones favorables y producirá plántulas normales (plántulas con estructuras esenciales: raíces, brotes y suficiente reserva de alimento, capaces de desarrollarse en plantas reproductivamente maduras) (Rao *et al.*, 2007). La germinación inicial, se determinó en semillas recientemente colectadas, de acuerdo con las Reglas de Análisis de Semillas (ISTA, 2024), utilizándose cuatro repeticiones de 100 semillas a través del método de germinación en papel y fue expresada en porcentaje de plantas normales (%), con la siguiente fórmula (ISTA, 2024): % de germinación = número de semillas germinadas/número de semillas sembradas*100.

Condiciones de almacenamiento

Se evaluaron cuatro ambientes de almacenamiento de semilla que consistió en cuatro temperaturas: 31 °C a temperatura ambiente, 23 °C en un cuarto de incubación, 3 °C en un cuarto frío y -18 °C, en un congelador (Samsung®). Se utilizaron sensores HOB0 H8-032-08 (Onset Computer Corporation, USA), para registrar la temperatura y humedad relativa en los ambientes de almacenamiento. Las temperaturas fueron definidas en función de estudios en otras especies de árboles tropicales (Santillán-Fernández *et al.*, 2023).

Efecto de la temperatura y periodo de almacenamiento sobre la viabilidad de semillas de *H. campechianum*

Para analizar el efecto de la temperatura (31 °C, 23, 3, -18 °C) en un periodo de almacenamiento de 240 días (ocho meses), se estableció un diseño completamente al azar con tres repeticiones de 20 semillas por temperatura de almacenamiento, la evaluación se realizó cada 30 días.

La viabilidad de las semillas se determinó con la técnica de tetrazolio, de acuerdo con la normatividad internacional del ISTA (2024) y consistió en la inmersión de las semillas en una solución de cloruro de 2,3,5-trifeniltetrazolio al 1% por un periodo de 8 h a temperatura ambiente y ausencia de luz. Posteriormente, se eliminó el exceso de la solución y se evaluó la viabilidad con ayuda de un estereoscopio (10x).

De acuerdo con el sistema de clasificación de Pérez-Mendoza (2018), se consideraron tres categorías: clase 1) semillas con tinción total y uniforme (embriones viables y vigorosos); clase 2) semillas no teñidas (embriones no viables); y clase 3) semillas parcialmente teñidas (semillas dudosas, 50% de tinción, embriones parcialmente viables).

Efecto de la temperatura y periodo de almacenamiento sobre la germinación de semillas de *H. campechianum*

Se evaluó el porcentaje de germinación de semillas en función de la temperatura y periodo de almacenamiento, a través de la prueba de germinación en papel en cuatro repeticiones de 100 semillas por cada temperatura. Fueron distribuidas uniformemente sobre una capa de papel (estraza) previamente humedecidas, los cuales se colocaron en cajas de plástico.

Se realizó el primer conteo a los cinco días de haber montado la muestra en las bandejas para obtener el número de semillas germinadas, y a partir de este indicador contando con un periodo de siete días. Se consideró germinada la semilla cuando la radícula presentó una longitud de 0.5 mm aproximadamente (Vadillo *et al.*, 2004).

Análisis de datos

Los datos se sometieron a un análisis de varianza con el procedimiento PROC GLM de SAS 9.2® (SAS Institute Inc., 2009) y comparación de medias con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). En todos los casos se comprobó el supuesto de normalidad, así como la homogeneidad de varianzas por medio de la prueba Shapiro-Wilk y Levene, respectivamente (Contreras-Cruz, 2023).

Resultados y discusión

Morfometría de semillas

Los resultados del análisis morfométrico de semillas indican que tienen características transversales oblongas, planas lateralmente, con una longitud de semillas de 1 a 3 cm de largo, 1 a 2 cm de ancho y 0.7 a 1 mm de grosor (Figura 2). La descripción aquí encontrada coincide con la reportada por Niembro (2002), con una cubierta seminal ligeramente parda, suave, opaca, coriácea, y marcada en su superficie lateral por una línea verde-grisácea o depresión longitudinal sinuosa y profunda.

Caracterización del lote de semillas

Parámetros físicos y fisiológicos de semillas al inicio del estudio. Se determinaron las pruebas iniciales de calidad encontrándose los siguientes resultados: un peso de 5.899 g en 100 semillas, pureza de 98.6%, contenido de humedad de 6.15%, viabilidad de 95%, semillas por kg de 16 952 y porcentaje de germinación de 97.7% (Cuadro 1).

Cuadro 1. Datos iniciales de la calidad de semillas de *Haematoxylum campechianum* L.

Peso de 100 semillas (g)	Pureza de semillas (%)	Contenido de humedad (%)	Viabilidad (%)	Semillas por kg	Germinación (%)
5.899	98.6	6.15	95	16 952	97.7


Se encontró un 98.6% de pureza debido a que la colecta de las semillas fue directamente de la copa de los árboles, por lo que no se presentó basura u otros materiales ajenos a la semilla. Un almacenamiento de semillas bajo condiciones adversas ocasiona el envejecimiento provocando la obtención de materiales con una reducida capacidad de germinación (Magdaleno-Hernández *et al.*, 2020).

El contenido de humedad de las semillas fue de 6.15%, este valor nos indica que las semillas pueden almacenarse por varios meses y garantiza su calidad, lo contrario un contenido de humedad del 20% no es adecuado para su almacenamiento ya que el tiempo de almacenamiento de las semillas disminuye conforme aumenta el contenido de humedad de estas (Hay *et al.*, 2023).

Efecto de la temperatura y periodo de almacenamiento sobre la viabilidad de semillas de *H. campechianum*

Las semillas con mayor calidad se observaron en la temperatura de almacenamiento de 3 °C. Se observaron semillas con tinción total y uniforme, semillas sin tinción y semillas teñidas parcialmente (Figura 3). La tinción de color rojo de los embriones indica la viabilidad de las semillas, resultado de la actividad respiratoria de las mitocondrias mostrando viabilidad celular (Busso *et al.*, 2015).

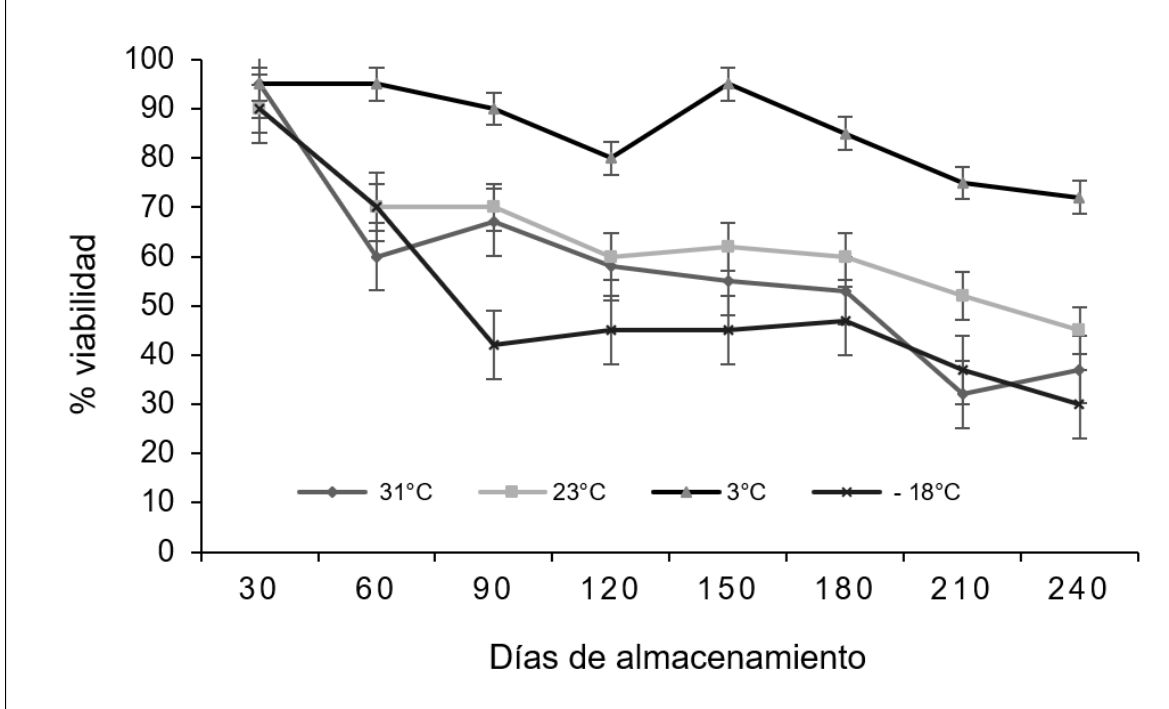
Figura 3. Patrones de tinción de semillas de *Haematoxylum campechianum* L. mediante la prueba de cloruro de 2,3,5-trifeniltetrazolio (CTT).

Clase	Viabilidad	Descripción	Fotografía	Esquema
1	Viables	Semillas con tinción total y uniforme.		
2	Inviabiles	Semillas sin tinción.		
3	Dudosas	Semillas teñidas en mas del 50% de los cotiledones y tinción rosada en el 50% de la radícula.		

Estos patrones han sido reportados en otras especies como *Cedrela odorata* L., *Cariniana pyriformis* Miers (Espitia-Camacho *et al.*, 2017), *Coffea arabica* L. (Flechas-Bejarano y Medina-Rivera, 2021), *Roseodendron donnell-smithii* (Agustín-Sandoval *et al.*, 2017). Para las condiciones de almacenamiento (a diferentes temperaturas) en intervalos de 30 días, se observó una disminución gradual de la viabilidad de las semillas para las temperaturas de 31 °C y -18 °C, a partir de los 60 días de almacenamiento se observó un 65% de viabilidad; por el contrario, la temperatura de 3 °C fue la mejor para el almacenamiento de semillas, conservándose un porcentaje de viabilidad a los 180 días de 85%.



Figura 4. Porcentaje de viabilidad de semillas de palo de tinto (*Haematoxylum campechianum* L.) en función de la temperatura y tiempo de almacenamiento.



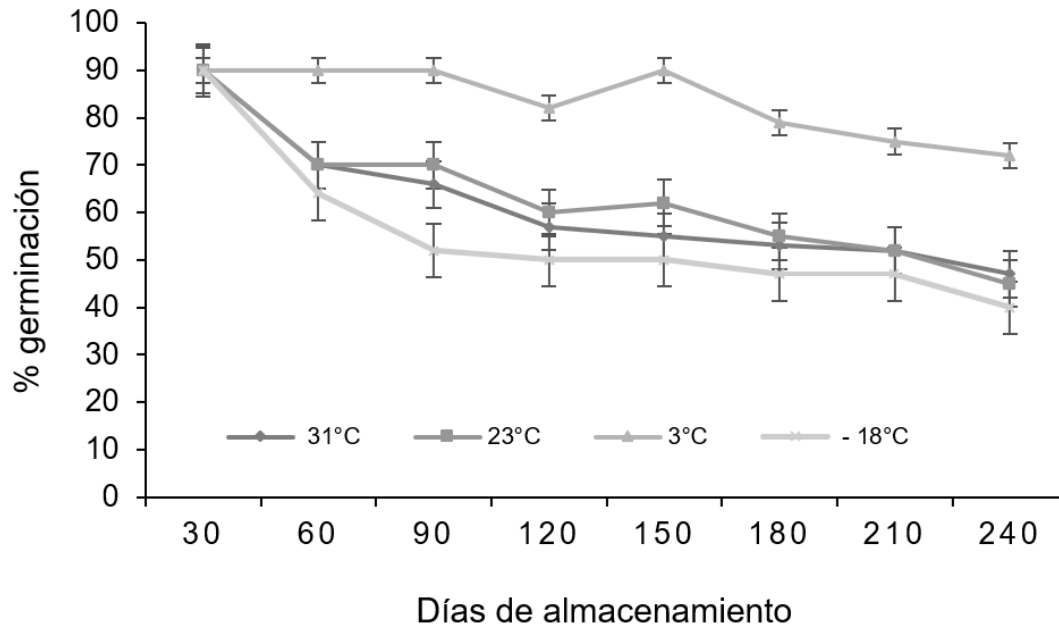
Para la temperatura de 23 °C, se observó que la viabilidad disminuyó a 60% a partir de los 120 días de almacenamiento (Figura 4). En la familia Fabaceae se han realizado pocos estudios para conocer la tolerancia a la desecación, Galíndez *et al.* (2015) identificaron el efecto del almacenamiento en dos especies subtropicales de Fabaceae, *Amburana cearensis* (Allemão) AC Sm y *Myroxylon peruiferum* Lf, observando que las semillas de *A. cearensis* almacenadas a -18 °C en un periodo de doce meses se clasificaron como ortodoxas, mientras que las de *M. peruiferum* fueron sensibles a la desecación y al almacenamiento a -18 °C.

Efecto de la temperatura y periodo de almacenamiento sobre la germinación de semillas de *H. campechianum*

Los análisis estadísticos indicaron que existen diferencias significativas entre condiciones de almacenamiento (31 °C, 23 °C, 3 °C, y -18 °C) en los diferentes tiempos de almacenamiento de semillas ($p < 0.001$); entre 30 a 240 días (Figura 5). El mayor porcentaje de germinación 90% a los 150 días de almacenamiento fue a 3 °C, por el contrario, las temperaturas que más afectaron la germinación fueron a 31 °C y -18 °C.



Figura 5. Porcentaje de germinación de semillas de palo de tinto (*Haematoxylum campechianum* L.) en función de la temperatura y tiempo de almacenamiento.



Euan-Tun *et al.* (2021) reportaron valores de 55 y 54% de germinación después de un almacenamiento de 10 meses; sin embargo, a diferencia de este estudio (temperatura controlada) en dicho trabajo sólo evaluaron una temperatura de almacenamiento de 25 °C.

Se ha reportado que a temperaturas de -18 °C, la germinación de semillas en fabáceas (leguminosas) es limitante, esta temperatura de congelación detiene la actividad metabólica y química necesaria para iniciar dicho proceso, lo que ocasiona que la semilla se mantiene en un estado de latencia y en casos extremos la muerte del embrión (Portuguez *et al.*, 2020).

De la misma manera temperaturas extremas (mayores a 30 °C), resulta en la termoinhibición en la germinación, lo cual está íntimamente ligado a la reducción en la síntesis de proteínas en el embrión, inhibición de la transcripción, aumento de la síntesis de ácido abscísico relacionado con la latencia (Ding *et al.*, 2008). Por el contrario, se observó una respuesta positiva a la temperatura de 3 °C, esto confirma a menor temperatura es mayor es la longevidad de la semilla de palo de tinto, mientras que las temperaturas cálidas aceleran su deterioro y pérdida de capacidad germinativa (Santillán-Fernández *et al.*, 2023).

Conclusiones

La temperatura y el tiempo de almacenamiento son factores que afectan la viabilidad y germinación de semillas de palo de tinto, derivado de este estudio podemos clasificar a estas semillas como intermedias. La información generada es valiosa dado que existe poca o nula información sobre la calidad física y fisiológica de semillas de *H. campechianum* en función de la temperatura y periodo de almacenamiento, así como para desarrollar estrategias de conservación de estas especies. Es necesario enriquecer estos resultados con otros experimentos, incluyendo diferentes tipos de sitios de colecta, así como otros parámetros de calidad física y fisiológica.

Bibliografía

- 1 Agustín-Sandoval, W. G.; Espinosa-Zaragoza, S.; Avendaño-Arrazate, C. H.; Reyes-Reyes, A. L.; Ramírez-González, S. I.; López-Báez, O.; Andrade-Rodríguez, M. y Rangel-Zaragoza, J. L. 2017. Calidad de semillas de primavera (*Roseodendron donnell-smithii* Miranda syn *Tabebuia donnell-smithii* Rose). *Agroproductividad*. 10(3):81-86. <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/974>.
- 2 Busso, C. A.; Torres, Y. A.; Ithurrart, L. S. and Richards, J. H. 2015. The TTC-technique might not appropriately test the physiological stage of plant tissues. *Russian Journal of Plant Physiology*. 62(4):551-556. <https://doi.org/10.1134/S1021443715040068>.
- 3 Chablé-Vega, M. A.; Plasencia-Vázquez, A. H.; García-González, A.; Ferrer-Sánchez, Y.; Riverón-Giró F. B. y Zamora-Crescencio P. 2019. Distribución, densidad y estructura dasométrica de *Haematoxylum campechianum* y *Haematoxylum calakmulense* en Campeche, México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*. 6(16):65-77. <https://doi.org/10.19136/era.a6n16.1784>.
- 4 Contreras, A. C. 2010. La biodiversidad perdida: el caso de los colorantes. In: Durán, R. y M. Méndez Ed. *Biodiversidad y desarrollo humano en Yucatán*. Centro de Investigación Científica de Yucatán, AC. Programa de Pequeñas Donaciones-Fondo para el Medio Ambiente Mundial, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Secretaría de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente. Mérida, México. 368-372 pp.
- 5 Contreras-Cruz, L. F. 2023. Diseños experimentales aplicados a la agronomía usando R y SAS. Universidad Autónoma Chapingo. 21-28 pp. <https://www.researchgate.net/publication/368661056-Libro-Disenos-Experimentales-2023>.
- 6 Ding, Y. F.; Cheng, Y. H. and Song, S. Q. 2008. Changes in extreme high-temperature tolerance and activities of antioxidant enzymes of sacred lotus seeds. *Science in China. Series C, Life Sciences*. 51(9):842-53. doi: 10.1007/s11427-008-0107-8.
- 7 Duke, J. A. 2008. *Duke's handbook of medicinal plants of Latin America*. CRC Press. Boca Raton, USA. 343 p.
- 8 Ellis, R. H. and Hong, T. D. 2007. Seed longevity moisture content relationships in hermetic and open storage. *Seed Science and Technology*. 35(2):423-431. Doi: 10.15258/sst.2007.35.2.17.
- 9 Espitia-Camacho, M. H.; Araméndiz-Tatis, C. y Cardona-Ayala. 2017. Características morfológicas, anatómicas y viabilidad de semillas de *Cedrela odorata* L. y *Cariniana pyriformis* Miers. *Agronomía Mesoamericana*. 28(3):605-617. Doi: <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.15517/ma.v28i3.26287>.
- 10 Euan-Tun, J. L.; González-Durán, E.; Ramírez-Benítez, J. E.; Zamora-Crescencio, P.; Vargas-Contreras, J. A.; Rodríguez-Robles, U.; Enríquez-Hernández, J. K.; Caamal-Velázquez, J. H. and Aragón-Gastélum, J. L. 2021. Storage time effect on the germination of *Haematoxylum campechianum* L. (Fabaceae), in Campeche, Mexico. *Madera y Bosques*. 27(3):1-13. doi: 10.21829/myb.2021.2732263.
- 11 FAO. 2025. *Evaluación de los recursos forestales mundiales 2025*. Rome. <https://doi.org/10.4060/cd6709es>.
- 12 Flechas-Bejarano, N. y Medina-Rivera, R. 2021. Efecto del almacenamiento en la viabilidad, germinación y vigor de semillas de *Coffea arabica* L. *Revista Cenicafé*. 72(2):e72206. <https://publicaciones.cenicafe.org/index.php/cenicafe/article/view/156>.
- 13 Galíndez, G.; Malagrina, G. M.; Ceccato, D. V.; Ledesma, T. T.; Lindow, L. T. y Ortega, B. F. P. 2015. Dormición física y conservación *ex situ* de semillas de *Amburana cearensis* y *Myroxylon peruiferum* (Fabaceae). *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*. 50(2):153-161. Doi: 10.31055/1851.2372.v50.n2.11660.

- 14 García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de geografía, Universidad Autónoma Nacional de México. Series Libro, Número 6. ISB-UNAM. 90 p. ISBN 970-32-1010-4.
- 15 Hay, R. F.; Rezaei, S.; Wolkis, D. and McGill, C. 2023. Seed Science and Technology. 51(2):267-285. <https://doi.org/10.15258/sst.2023.51.2.11>.
- 16 Hong, T. D. y Ellis, R. H. 1996. A protocol to determine seed storage behavior. IPGRI Technical Bulletin No. 1. (J. M. M. Engels and J. Toll, vol. eds.) International Plant Genetic Resources Institute. Rome, Italy. 62 p.
- 17 ISTA. 2024. International rules for seed testing. Richtiarkade 18, CH-8304 Wallisellen, Switzerland. <https://www.seedtest.org/en/international-rules-for-seed-testing-rubric-3.html>.
- 18 Magdaleno-Hernández, E.; Magdaleno-Hernández, A.; Mejía-Contreras, A.; Martínez-Saldaña, T.; Jiménez-Velázquez, M. A.; Sánchez-Escudero, J. y García-Cué, J. L. 2020. Evaluación de la calidad física y fisiológica de semilla de maíz nativo. Agricultura, Sociedad y Desarrollo. 17(3):569-581. <https://doi.org/10.22231/asyd.v17i3.1372>.
- 19 Niembro, A. R. 2002. *Haematoxylum campechianum* L. In: Vozzo, J. A. Ed. Tropical tree seed manual. Part 2 Species Descriptions. USDA Forest Service. Washington, DC. USA. 497-499 pp.
- 20 Peng, T.; Wu, J. R.; Tong, L. J.; Li, M. Y.; Chen, F. and Leng, Y. X. 2014. Identification of DW532 as a novel anti-tumor agent targeting both kinases and tubulin. Acta Pharmacologica Sinica. 35(7):916-928. Doi: 10.1038/aps.2014.33.
- 21 Pennington, T. D. y Sarukhán, J. K. 1998. Árboles tropicales de México: manual para la identificación de las principales especies. Universidad Nacional Autónoma de México, Fondo de Cultura Económica. México. 521 p.
- 22 Pérez-Mendoza, C. 2018. Conservación de semillas de algodón nativo (*Gossypium* spp.): análisis físico, fisiológico y bioquímico. Tesis de Doctorado. Programa de postgrado en recursos genéticos y productividad. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Texcoco, Estado de México, México. 178 p.
- 23 Plasencia-Vázquez, A. H.; Pascale-Villegas, M. C.; Ferrer-Sánchez, Y. y Zamora-Crescencio, P. 2017. Distribución histórica de las especies del género *Haematoxylum* (Leguminosae) en la Península de Yucatán, México, basada en ejemplares de herbario. Acta Botánica Mexicana. 119:51-68. <https://doi.org/10.21829/abm119.2017.1231>.
- 24 Plasencia-Vázquez, A. H.; Serrano-Rodríguez, A. y Ferrer-Sánchez, Y. 2025. Climate change effect on *Haematoxylum campechianum* and *Haematoxylum calakmulense* (Fabaceae): are we losing our natural heritage in south-eastern Mexico? Ecology and Evolution. 15(10):1-15. <https://doi.org/10.1002/ece3.72223>.
- 25 Portuguez, M. P.; Rodríguez-Ruiz, A. M.; Porrás-Martínez, C. and González-Lutz, M. I. 2020. Effect of temperature and scarification over the germination of *Ischaemum rugosum* Salisb. Agronomía Mesoamericana. 31(2):491-498. <https://doi.org/10.15517/am.v31i2.38417>.
- 26 Rao, N. K.; Hanson, J.; Dulloo, M. E.; Ghosh, K.; Novell, D. y Larinde, M. 2007. Manual para el manejo de semillas en bancos de germoplasma. No. 8. Bioersity International. Roma, ITA. 56-91 pp. <https://hdl.handle.net/10568/1946>.
- 27 Roberts, E. H. 1973. Predicting the storage life of seeds. Seed Science and Technology. 1(3):499-514. Doi: 10.4236/ajps.2014.517269.
- 28 Santillán-Fernández, A.; Castañeda-Alonso, S. S.; Carrillo-Ávila, E.; Tadeo-Noble, A. E.; Bautista-Ortega, J.; Vera-López, J. E. y Alatorre-Cobos, F.; 2023. Morfometría y viabilidad de semillas de *Brosimum alicastrum* Sw. en Campeche. Revista Mexicana de Ciencias Forestales. 14(77):31-55. DOI: 10.29298/rmcf.v14i77.1345.

- 29 SEMARNAT. 2017. La importancia que tienen los Bosques Tropicales. <https://www.gob.mx/conanp/articulos/la-importancia-que-tienen-los-bosques-tropicales>.
- 30 Vadillo, G. G.; Suni, M. L. y Cano, A. A. 2004. Viabilidad y germinación de semillas de *Puya raimondii* Harmsv (Bromeliaceae). Rev. Peru. Biol. 11(1):71-78. Doi: 10.15381/rpb.v11i1.2435.
- 31 Vallejos-Salazar, J.; Badilla-Valverde, Y.; Picado-Valverde, F y Murillo-Gamboa, O. 2010. Metodología para la selección e incorporación de árboles plus en programas de mejoramiento genético forestal. Agronomía Costarricense. 34(1):105-119. <https://doi.org/10.15517/rac.v34i1.6704>.
- 32 Velázquez, H. 2014. Estudio fisiológico en familias prolíficas de un lote de producción de semilla de la variedad de maíz. Tesis de maestría profesional, especialidad en granos y semillas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila. 70 p. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/7476>.
- 33 Vester, H. F. M.; Lawrence, D. J.; Eastman, J. R.; Turner, B. I.; Calme, S. Dickson, R.; Pozo, C. T. and Sangermano, F. 2007. Land change in the southern Yucatán and calakmul biosphere reserve: effects on habitat and biodiversity. Ecological Applications. 17(4):989-1003. <https://doi.org/10.1890/05-1106>.



Viabilidad y germinación de semillas de *Haematoxylum campechianum* L. en función de temperatura y periodo de almacenamiento

Journal Information
Journal ID (publisher-id): remexca
Title: Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas
Abbreviated Title: Rev. Mex. Cienc. Agríc
ISSN (print): 2007-0934
ISSN (electronic): 2007-9934
Publisher: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Article/Issue Information
Date received: 01 February 2026
Date accepted: 01 April 2026
Publication date: 01 May 2026
Publication date: May-Jun 2026
Volume: 17
Issue: 3
Electronic Location Identifier: e4102
DOI: 10.29312/remexca.v17i3.4102

Categories

Subject: Artículo

Palabras clave:

Palabras clave:

fisiología

forestal

Haematoxylum campechianum L.

semilla

Counts

Figures: 5

Tables: 1

Equations: 0

References: 33