

GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE SEIS ESPECIES ARBÓREAS MADERABLES DE UNA SELVA BAJA CADUCIFOLIA EN PUEBLA, MÉXICO

SEED GERMINATION OF SIX TIMBER TREES OF A TROPICAL DECIDUOUS FOREST IN PUEBLA, MÉXICO

Gabriela **González-Vélez**¹, Agustina R. **Andrés-Hernández**¹, Gerardo **Valdez-Eleuterio**²,
Nayeli **Álvarez-Quiroz**¹, David **Martínez-Moreno**¹, Sombra P. **Rivas-Arancibia**¹

¹Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Facultad de Ciencias Biológicas. Boulevard Valsequillo y Avenida San Claudio. Edificio 112-A. Ciudad Universitaria. 72570. Colonia Jardines de San Manuel. ²Botánica. Campus Montecillo. Colegio de Postgraduados. 56230. Montecillo, Estado de México. (gerbacious01@gmail.com).

RESUMEN

La selva baja caducifolia es un ecosistema diverso, está amenazado en México y se conoce poco sobre la germinación de muchas de las semillas de especies de este ecosistema. Esta investigación tuvo por objetivo evaluar la germinación de seis especies maderables de una selva baja caducifolia bajo la premisa de que las semillas más pesadas producirán una germinación mayor respecto a las de peso y tamaño menores. Frutos maduros de seis especies arbóreas se recolectaron en el municipio de Huehuetlán el Chico, Puebla. Las variables fueron contenido de humedad, peso de 100 semillas, germinación, velocidad y tiempo medio de germinación en luz y oscuridad a 30 °C. Cada factor a determinar conformó un tratamiento, con cuatro repeticiones de 25 semillas cada uno y el diseño experimental fue completamente al azar. Con los datos se realizó un ANDEVA y las medias se compararon con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). Las semillas de las especies presentaron un contenido de humedad similar a otros encontrados en este tipo de vegetación. El peso de semilla estuvo en función de cada especie y no influyó en el porcentaje de germinación. Además, la condición de luz/oscuridad tampoco fue determinante en la germinación, excepto en *Pitecellobium acatlense* y *Tabebuia impetiginosa* para la velocidad y el tiempo medio de germinación. *Dalbergia congestiflora* presentó uno de los porcentajes de germinación mayores, produjo más semillas germinadas por día y alcanzó el 50% de germinación en menos tiempo, respecto a las demás. De acuerdo con los resultados de germinación y viabilidad en *Mimosa benthamii* se infiere la presencia de latencia.

Palabras clave: germinación, peso seco, contenido de humedad, *Mimosa benthamii*, *Pitecellobium acatlense*, *Switenia humilis*.

* Autor para correspondencia ♦ Author for correspondence.

Recibido: junio, 2018. Aprobado: febrero, 2019.

Publicado como ARTÍCULO en *Agrociencia* 54: 227-240. 2020.

ABSTRACT

Tropical deciduous forests are diverse ecosystems. They are threatened in Mexico, and little is known about the germination of many of the seeds from this ecosystem. The aim of this research was to evaluate the seed germination of six timber species from a tropical deciduous forest, under the premise that the heavier the seeds, they will produce greater germination than those lighter and smaller. Mature fruits from six tree species were gathered in the municipal area of Huehuetlán el Chico, Puebla. The variables were humidity content, weight of 100 seeds, germination, germination speed and the mean of germination time in light and darkness at 30 °C. Every factor to be determined was considered a treatment with four replications of 25 seeds each, in a completely randomized design. An ANOVA was carried out using the data and the means were compared using Tukey's test ($p \leq 0.05$). The seeds of the species showed a similar humidity content to others found in this type of vegetation. Seed weight depended on each species and had no influence on the percentage of germination. In addition, the light/darkness condition did not determine germination, either, except in *Pitecellobium acatlense* and *Tabebuia impetiginosa* for the speed and mean time of germination. *Dalbergia congestiflora* had one of the highest percentages, it produced more germinated seeds per day, and it also reached 50% germination in a shorter time than the others. According to the results for germination and viability in *Mimosa benthamii*, dormancy can be inferred.

Key words: germination, dry weight, humidity content, *Mimosa benthamii*, *Pitecellobium acatlense*, *Switenia humilis*.

INTRODUCCIÓN

Los aspectos fisiológicos de las etapas tempranas del desarrollo en semillas y plántulas de las especies vegetales son relevantes para su establecimiento y el desarrollo de su ciclo de vida (Doria, 2010). En los estudios tradicionales con semillas, se determina el porcentaje y la velocidad de germinación bajo ciertas condiciones; por ejemplo, en intervalos de temperatura, en presencia o ausencia de luz y sin restricción de humedad para obtener la germinación máxima. Además, con frecuencia se refieren a especies cultivadas o que representan un potencial económico para las personas (Long *et al.*, 2014).

Un referente del potencial fisiológico de las semillas es el vigor, el cual define la Asociación Internacional de Pruebas para la Semilla (ISTA, por sus siglas en inglés) como la suma de las propiedades de la semilla que determinan el nivel de actividad de las mismas y la duración del proceso de germinación (Milošević *et al.*, 2010 y Marcos-Filho, 2015). De esta manera, el vigor se puede medir con la viabilidad, germinación y tasa de germinación de las semillas, entre otras pruebas. El tamaño y el peso de la semilla tienen una relación amplia con el contenido de reservas, el cual varía entre especies. También tienen relación con el establecimiento, con el crecimiento de las plántulas y son parte de la estrategia la especie para que sus semillas puedan sobrevivir y persistir en un sitio (Fenner y Thompson, 2005).

El almacenamiento de nutrientes en cotiledones y endospermo soporta el crecimiento temprano de las plántulas (Soriano *et al.*, 2011; Bewley *et al.*, 2013 y Soriano *et al.*, 2013). En bosques tropicales secos se ha observado que las especies que producen semillas de mayor tamaño, también presentan mayor supervivencia (Khurana y Singh, 2004). Además, las especies que presentan tamaños de semilla más grande, por lo general producen plántulas más grandes, con mayor masa seca (Soriano *et al.*, 2011; Velázquez-Rosas *et al.*, 2017) y presentan mayor supervivencia con respecto a las semillas de tamaño menor.

La selva baja caducifolia (SBC) es uno de los ecosistemas con mayor importancia debido a su gran diversidad genética (Challenger y Soberón, 2008) y, además, 40% de las especies que alberga son endémicas (Huerta *et al.*, 2009). Sin embargo, está amenazada debido a una tasa alta de deforestación que ha ocasionado la pérdida acelerada de la diversidad genética y en el estado de Puebla únicamente tiene

INTRODUCTION

The physiological features of the early stages of development in seeds and seedlings of plant species are relevant for their establishment and the development of their life cycle (Doria, 2010). Traditional studies with seeds determine their percentage and speed of germination under certain conditions, such as in temperature intervals, in the presence or absence of light and without humidity restrictions to obtain maximum germination. Additionally, they frequently refer to cultivated species or species with an economic potential importance for people (Long *et al.*, 2014).

A reference of the physiological potential of seeds is vigor, which the International Seed Testing Association (ISTA) defines as the sum of the properties of the seed that determine their level of activity and the lapse of their germination process (Milošević *et al.*, 2010 and Marcos-Filho, 2015). In this way, vigor can be measured with the viability, germination and germination rate of the seeds, among other tests. Seed size and weight are broadly related with the reserves content, which varies among species. They are also related to plant establishment and seedling growth, and they are a part of the species strategy so their seeds can grow and persist in a given site (Fenner and Thompson, 2005).

The storage of nutrients in cotyledons and endosperm supports the early growth of seedlings (Soriano *et al.*, 2011; Bewley *et al.*, 2013 y Soriano *et al.*, 2013). In dry tropical forests, species that produce larger seeds have been observed to display greater survival rates (Khurana and Singh, 2004). Additionally, the species with the larger seed sizes generally produce larger seedlings, with a greater dry weight (Soriano *et al.*, 2011; Velázquez-Rosas *et al.*, 2017) and display higher survival rate than those with smaller seeds.

Tropical deciduous forests (TDF) are one of the most important ecosystems, due to their large genetic diversity (Challenger and Soberón, 2008), also up to 40% of the species TDF contain are endemic of their areas (Huerta *et al.*, 2009). However, TDF are under threat due to a high deforestation rate, which has led to an accelerated loss of genetic diversity. In the state of Puebla, México, TDF have an ecological representativeness of 8% (Neri *et al.*, 2015). **NOTA:** se había corregido con has; pero Tropical Deciduous Forests es plural en inglés, debe quedarse have.

una representatividad ecológica del 8% (Neri *et al.*, 2015).

Entre los estudios de la germinación en especies típicas de la selva baja caducifolia están el de Jaganathan y Liu (2014) y Vargas-Figueroa *et al.* (2015), quienes evaluaron los efectos del fotoperiodo y la temperatura en *Mimosa tenuiflora*, *Samanea saman*, *Phitecellobium dulce* (Fabaceae), *Dodonaea viscosa* (Sapindaceae), *Jacaranda caucana* y *Tabebuia rosea* (Bignoniaceae), y encontraron mayor germinación a temperaturas entre 25-30 °C; además, las semillas eran fotoblásticas insensibles.

Respecto a las especies con dificultades en la germinación de las semillas, Pece *et al.* (2010) encontraron el porcentaje de germinación mayor para *Tipuana tipu* (Fabaceae) con escarificación química.

Esta investigación tuvo como objetivo caracterizar físicamente a las semillas con base en el contenido de humedad, peso de 100 semillas y evaluar la germinación, velocidad de germinación en presencia de luz/oscuridad de seis especies arbóreas de la selva baja caducifolia, recolectadas en el municipio de Huehuetlán el Chico, Puebla.

MATERIALES Y MÉTODOS

Zona de recolecta y material vegetal

La selva baja caducifolia (SBC) se delimitó dentro de los límites correspondientes al municipio de Huehuetlán el Chico, Puebla, entre 18° 16' y 18° 27' N, 98° 39' y 98° 48' O y con 960 m de altitud. Las temperaturas mínima y máxima anuales son 21.7 y 28.3 °C y los datos de precipitación mínima y máxima 3 y 164 mm (Climate-data.org, 2018) (Figura 1).

La semilla recolectada fue de las especies *Ceiba aesculifolia* (Kunth) Britten y Baker F. (Bombacaceae) (CA), *Dalbergia congestiflora* Pittier. (DC), *Mimosa benthamii* J.F. Macbr (MB), *Pithecellobium acatlense* Benth (Fabaceae) (PA), *Swietenia humilis* Zucc (Meliaceae) (SH) y *Tabebuia impetiginosa* (Mart. Ex. Dc.) Mattos (Bignoniaceae) (TI), consignadas en la literatura como frecuentes en la SBC.

La autenticidad de las especies se realizó mediante la identificación con claves integradas en Pittier (1922), Guizar-Nolazco y Sánchez-Vélez (1991), Gilman y Watson (1994), Cordero y Boshier (2003), Lobo *et al.* (2003), Grether *et al.* (2006) y Zapater *et al.* (2009).

Infrutescencias maduras de cada especie se colectaron de marzo a junio de 2016, las semillas se separaron a mano de las infrutescencias y se colocaron en bolsas de papel estraza, cada

Study on the germination of typical species within tropical deciduous forest include those by Jaganathan and Liu (2014), and by Vargas-Figueroa *et al.* (2015), who evaluated the effects of the photoperiod and temperature on *Mimosa tenuiflora*, *Samanea saman*, *Phitecellobium dulce* (Fabaceae), *Dodonaea viscosa* (Sapindaceae), *Jacaranda caucana* and *Tabebuia rosea* (Bignoniaceae), and they found a greater germination at temperatures between 25-30 °C; additionally, the seeds were insensitive photoblastic.

Regarding the species with difficulties in seed germination, Pece *et al.* (2010) found the highest percentage of germination for *Tipuana tipu* (Fabaceae) with chemical scarification.

The aim of this study was to physically characterize the seeds, based on humidity content, the weight of 100 seeds and to evaluate germination and germination speed in the presence of light/darkness of seeds from six tree species of the tropical deciduous forest, gathered in the municipal area of Huehuetlán el Chico, Puebla.

MATERIALES Y MÉTODOS

Recollection area and plant material

The tropical deciduous forests (TDF) was delimited within the borders of the municipal area of Huehuetlán el Chico, Puebla, between 18° 16' and 18° 27' N, 98° 39' and 98° 48' O at an altitude of 960 m. The yearly minimum and maximum temperatures are 21.7 and 28.3 °C, respectively; and the minimum and maximum rainfall data (Climate-data.org, 2018) are 3 and 164 mm (Figure 1).

The gathered seeds belonged to the species *Ceiba aesculifolia* (Kunth) Britten and Baker F. (Bombacaceae) (CA), *Dalbergia congestiflora* Pittier. (DC), *Mimosa benthamii* J.F. Macbr (MB), *Pithecellobium acatlense* Benth (Fabaceae) (PA), *Swietenia humilis* Zucc (Meliaceae) (SH) and *Tabebuia impetiginosa* (Mart. Ex. Dc.) Mattos (Bignoniaceae) (TI), confirmed in literature to be frequent in the TDF.

Species were authenticated by identifying them with identification keys consulted in Pittier (1922), Guizar-Nolazco and Sánchez-Vélez (1991), Gilman and Watson (1994), Cordero and Boshier (2003), Lobo *et al.* (2003), Grether *et al.* (2006) and Zapater *et al.* (2009).

Mature infrutescences of each species were collected between March and June, 2016. Seeds were separated by hand from the trees infructescence and placed in brown paper bags. Each bag

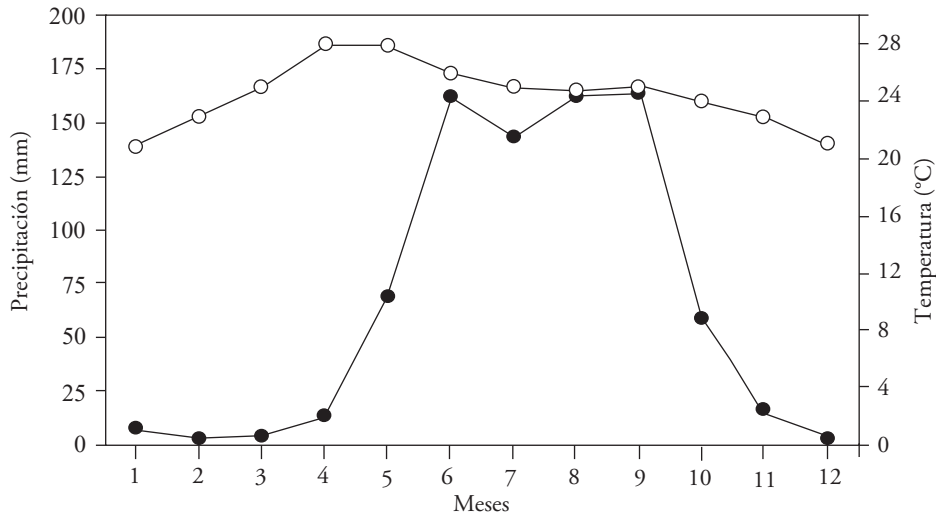


Figura 1. Climograma de Huehuetlan el Chico, Puebla, México; zona de recolecta de las semillas de las especies. Precipitación (●) y temperatura (■).

Figure 1. Climogram for Huehuetlan el Chico, Puebla, Mexico; species seed gathering area. Rainfall (●) and temperature (■).

bolsa tuvo alrededor de 600-700 semillas y se mantuvieron en condiciones de laboratorio, en sombra y a temperatura ambiente hasta su uso.

contained approximately 600-700 seeds and bags were kept in laboratory conditions, in the shade and at room temperature until they were used.

Caracterización de las semillas

Seed characterization

Peso de 100 semillas y contenido de humedad

Weight of 100 seeds and humidity content

De cada especie se formaron grupos de 100 semillas con cuatro repeticiones y se pesaron en una balanza analítica marca Velab modelo VE-1000. Luego, estos grupos se introdujeron en una estufa de secado (Ecoshel 9053-A) a una temperatura de 100 °C hasta que se registró peso constante en las semillas (ISTA, 2014). El porcentaje de humedad se calculó con base en el peso de la materia seca, con la fórmula propuesta por la ISTA (2014):

Groups of 100 seeds from each species were formed, with four repetitions, and were weighed on a Velab VE-1000 analytical scale. These groups were then introduced in a drying oven (Ecoshel 9053-A) at a temperature of 100 °C until a constant weight was recorded for the group of seeds (ISTA, 2014). The percentage of humidity was calculated based on the weight of dry matter, using the formula proposed by the ISTA (2014):

$$\% \text{ humedad (base seca)} = \frac{PF - PS}{PS} \times 100$$

$$\% \text{ humidity (on dry base)} = \frac{PF - PS}{PS} \times 100$$

donde PF: peso fresco (g), PS: peso seco (g).

where PF: fresh weight (g), PS: dry weight (g).

Germinación estándar (GE)

Standard germination (SG)

Cuatro repeticiones de 25 semillas por especie se colocaron en cajas Petri (150 x 25 mm) sobre papel filtro humedecido con agua destilada a 30 °C en condiciones de luz y oscuridad (en cuarto oscuro), sin tratamiento pregerminativo, con la recuperación del

Four replications of 25 seeds per species were placed in Petri dishes (150 x 25 mm) on filter paper, dampened with distilled water at 30 °C under conditions of light and darkness (in a darkroom), without a pre-germination treatment, and recovering

agua perdida cada vez que fue necesario. La germinación biológica se consideró cuando la longitud de la radícula fue de al menos 2 mm. Para las semillas germinadas se hizo un registro diario y el porcentaje de germinación se determinó al final del experimento con el protocolo del ISTA (2014), pero con la modificación, propuesta por Bradbeer (1988), al tamaño de muestra de especies silvestres.

Velocidad de germinación

La velocidad de germinación, luz/oscuridad, se obtuvo con la fórmula de Maguire (1962):

$$X = \sum (n_i / \sum t_i) ;$$

donde X es velocidad de germinación, n_i es el número de semillas germinadas durante el intervalo t_i , y t_i es el tiempo desde la siembra hasta el conteo de la germinación en el t_i .

Tiempo medio de germinación

Para calcular el tiempo medio de germinación se usó la fórmula propuesta por Côme (1968):

$$T = \sum (n_i t_i) / \sum n_i ;$$

donde T: tiempo medio de germinación, t_i : número de días después de la siembra, y n_i : número de semillas germinadas el día i .

A las semillas que no germinaron se les realizó la prueba de viabilidad con 2, 3, 5- trifenil cloruro de tetrazolio.

Diseño experimental

El diseño experimental fue completamente al azar. En la caracterización física se consideró tratamiento a cada combinación de especie con las pruebas de peso de 100 semillas y contenido de humedad. En la evaluación de la germinación estándar, velocidad y tiempo medio de germinación, se consideró como tratamiento a cada combinación de especie en condición de luz y oscuridad.

Todas las variables se analizaron mediante ANDEVA y las medias se compraron con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) para determinar diferencias estadísticas. Los valores en porcentaje se transformaron al arcoseno para su análisis. Los datos se analizaron y graficaron con PRISM 6.01 (GraphPad Software, Inc., 2012).

the water loss whenever necessary. Biological germination was considered complete when the radicle had a length of at least 2 mm. For the germinated seeds, a daily record was kept, and the percentage of germination was determined at the end of the experiment following the protocol by ISTA (2014), but with the modification proposed by Bradbeer (1988) regarding the size of wild species samples.

Germination speed

The germination speed, light/darkness, was obtained using Maguire's formula (1962):

$$X = \sum (n_i / \sum t_i) ;$$

where X is the germination speed, n_i is the number of seeds germinated during interval t_i , and t_i is the time from sown to the counting of germination at t_i .

Mean germination time

In order to calculate the mean germination time, we used the formula proposed by Côme (1968):

$$T = \sum (n_i t_i) / \sum n_i ;$$

where T: mean germination time, t_i : number of days after sown and n_i : number of seeds germinated on day i .

Seed that did not germinate underwent the viability test, with 2, 3, 5- triphenyl tetrazolium chloride.

Experimental design

A completely randomized design was used. For the physical characterization, each combination of species with the 100-seed test and humidity content was considered as a treatment. In the evaluation of standard germination, germination speed and mean germination time, each combination of species under conditions of light and darkness was considered as a treatment. All variables were analyzed with an ANOVA, and the means were compared using Tukey's test ($p \leq 0.05$) to determine statistical differences. The values in percentages were transformed to the arcsine for their analysis. Data were analyzed and plotted using PRISM 6.01 (GraphPad Software, Inc., 2012).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización de semillas

Peso de 100 semillas y contenido de humedad

Hubo diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre el peso de las semillas de todas las especies. El peso de semillas más alto lo presentó *S. humilis* ($p \leq 0.05$), mientras que en *M. benthamii* se registró el peso más bajo ($p \leq 0.05$). *Mimosa benthamii* obtuvo el valor mayor de contenido de humedad, seguida de *D. congestiflora* y *P. acatlense*, mientras que el valor más bajo lo tuvo *S. humilis*, seguida de *T. impetiginosa* y *C. aesculifolia*, por lo cual hubo diferencias estadísticas entre las primeras tres especies con respecto a las tres restantes ($p \leq 0.05$) (Cuadro 1).

El peso de las semillas es el resultado de la cantidad de sus reservas acumuladas y del tipo de reservas (Espitia-Rangel *et al.*, 2012; Parra y Délano, 2012). Sin embargo, también se deben considerar la especie, el tipo de semilla, la madurez fisiológica y las condiciones (bióticas y abióticas) bajo las cuales se desarrollaron las semillas en la planta madre, sobre todo en un ecosistema como la SBC, donde se presentan condiciones de sequía prolongada (Luna *et al.*, 2018). Además, el éxito en el establecimiento de las plántulas depende en gran medida del contenido de reservas almacenadas en las semillas (peso), de tal manera que semillas con peso menor expresan un nivel bajo de vigor y, en consecuencia, una probabilidad

RESULTS AND DISCUSSION

Seed Characterization

Weight of 100 seeds and humidity content

There were significant differences ($p \leq 0.05$) between the weights of the seeds from all species. The highest seed weight was found in *S. humilis* ($p \leq 0.05$), whereas *M. benthamii* displayed the lowest weight ($p \leq 0.05$). *Mimosa benthamii* had the highest value for humidity content, followed by *D. congestiflora* and *P. acatlense*, whilst the lowest value was found in *S. humilis*, followed by *T. impetiginosa* and *C. aesculifolia*, therefore there were statistical differences ($p \leq 0.05$) between the former three species group and the remaining three species group (Table 1).

The seed weight is the result of the amount of its accumulated reserves and the type of reserves (Espitia-Rangel *et al.*, 2012; Parra y Délano, 2012). However, it is also important to consider the species, type of seed, physiological maturity and the conditions (biotic and abiotic) under which the seed develops in the mother plant, particularly in an ecosystem such as the TDF, which presents prolonged drought conditions (Luna *et al.*, 2018). In addition, the success in the establishment of the seedlings depends to a large extent on the content of reserves stored in the seeds (weight), so that seeds with a lower weight express a low level of vigor, and consequently, a lower probability of establishment (Rubio *et al.*, 2011).

Cuadro 1. Valores del peso y contenido de humedad de las semillas de las especies evaluadas.

Table 1. Values of the weight and humidity content of the seeds from the evaluated species.

Especies	Pruebas	
	Peso de 100 semillas (g) [†]	Contenido de humedad (%) [†]
<i>Ceiba aesculifolia</i>	8.04 ± 0.030 c [‡]	7.19 ± 0.068 b [‡]
<i>Dalbergia congestiflora</i>	4.84 ± 0.120 d	8.62 ± 0.123 a
<i>Pithecellobium acatlense</i>	13.68 ± 0.149 b	8.09 ± 0.106 a
<i>Mimosa benthamii</i>	0.97 ± 0.027 f	8.68 ± 0.482 a
<i>Swietenia humilis</i>	49.59 ± 1.402 a	4.02 ± 0.909 b
<i>Tabebuia impetiginosa</i>	3.55 ± 0.039 e	5.49 ± 0.180 b

[‡]Letras diferentes en una columna indican diferencia estadística ($p \leq 0.05$). Los valores son promedios ± EE ♦ Different letters within a column indicate statistical differences ($p \leq 0.05$). Values are means ± SE.

de establecimiento menor (Rubio *et al.*, 2011). Sin embargo, aquellas semillas de peso mayor también son más susceptibles de consumo por la fauna local con respecto a las de peso menor, pero el potencial de dispersión es mayor en las primeras (Fenner y Thompson, 2005).

Sánchez *et al.*, (2010) indicaron que las especies de zonas áridas muestran estrategias diversas para adaptarse a la sequía, de modo que las semillas germinan hasta que las condiciones abióticas son favorables. Sin embargo, las adaptaciones dependen de la transmisión de información de la planta madre a las semillas. Así que, las especies de tales ecosistemas son capaces de producir semillas de tamaños diferentes.

Las semillas de las especies de nuestra investigación mostraron valores de contenido de humedad bajos, que concuerdan parcialmente con los registrados por Vargas-Figueroa *et al.* (2015) en cuatro especies de una SBC y los valores fueron 3.5 - 6.11%. Vásquez *et al.* (2015) encontraron contenido de humedad de 6.19% para *Lysiloma acapulcense*, una especie de la SBC de la Mixteca oaxaqueña, valor similar a los de nuestro estudio. Además, del manejo de la recolección se debe considerar el contenido de humedad si se desea mantener una buena viabilidad y vigor en los lotes de semillas destinados a la conservación, para que sean capaces de activar el proceso germinativo (Sánchez *et al.*, 2010).

Germinación estándar (GE)

En la prueba de germinación, tanto en luz como en oscuridad, la especie *M. benthamii* tuvo el porcentaje de germinación menor (14 y 10%, respectivamente) ($p \leq 0.05$), mientras que en las otras especies los valores de germinación fueron superiores al 70%, el cual se puede considerar como un buen porcentaje de germinación y solo hubo diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$) entre las especies *D. congestiflora*, *P. acatlense*, *S. humilis* y *T. impetiginosa* con respecto a *C. aesculifolia* y *M. benthamii* (Figura 1). Además, *M. benthamii*, en el conteo de semillas no germinadas con la prueba del tetrazolio, tuvo un valor de viabilidad superior al 90%.

Dentro de cada especie no se observaron diferencias en los porcentajes de germinación en las condiciones de luz y oscuridad, incluso fueron superiores a los encontrados por Vargas-Figueroa *et al.* (2015), quienes reportaron 90% de germinación

However, those seeds with a higher weight are also more susceptible to being eaten by local fauna in comparison with those with a lower weight, but the potential of dispersal is greater in the former (Fenner and Thompson, 2005).

Sánchez *et al.* (2010) mentioned that species from arid zones display several strategies to adapt to drought, so that seeds germinate when abiotic conditions are favorable. However, the adaptations depend on the transmission of information from the mother plant to the seeds, so the species of these ecosystems are able to produce seeds of several sizes.

The seeds from the species in our research displayed low humidity contents, which partially coincide with those registered by Vargas-Figueroa *et al.* (2015) in four species from a TDF, and values ranged between 3.5 and 6.11%. Vásquez *et al.* (2015) found humidity contents of 6.19% for *Lysiloma acapulcense*, a TDF species of the Oaxacan Mixteca, a value similar to those in our study. Additionally, at the handling of the collection, humidity content in the seed coat must be considered, and other seed structures as well, if good viability and vigor are required in those seed lots assigned for conservation which intended to be able to activate the germinative processes (Sánchez *et al.*, 2010).

Standard Germination (SG)

In the germination test, both in light and darkness, the species *M. benthamii* had the lowest germination percentage (14 and 10%, respectively) ($p \leq 0.05$), whereas in the other species, the germination values were over 70%, which can be considered a good percentage of germination. There were only statistical differences ($p \leq 0.05$) among the species *D. congestiflora*, *P. acatlense*, *S. humilis* and *T. impetiginosa* over *C. aesculifolia* and *M. benthamii* (Figure 1). In addition, *M. benthamii*, in the non-germinated seed counted with tetrazolium, had a viability value higher than 90%.

Within each species, no significant differences were observed in percentages of germination under conditions of light and darkness, and they were even higher than those found by Vargas-Figueroa *et al.* (2015), who reported a 90% germination for *Tabebuia rosea* in a photoperiod of 12 h light/darkness; and by Barboza-Nogueira *et al.* (2010), who observed a germination rate of 70% for

para *Tabebuia rosea* en fotoperiodo de 12 h luz/oscuridad; y por Barboza-Nogueira *et al.* (2010) quienes observaron 70% de germinación para *Dalbergia cearensis*. A pesar de que *D. congestiflora*, *P. acatlense* y *M. benthamii* son especies de la misma familia (Fabaceae), sólo las dos primeras mostraron porcentajes de germinación similares y superiores a 90%, mientras que en la última el valor de germinación fue menor a 20% (Figura 1).

Algunas de las especies de la SBC presentan dificultades en la germinación de las semillas. Jarillo *et al.* (2013) utilizaron escarificación con H_2SO_4 en tiempos de 0, 30, 45, 60, 90 and 120 min para semillas de *Melia azedarach* y observaron un número menor de días a la germinación con un tiempo de escarificación de 120 min. Pece *et al.* (2010) encontraron el porcentaje de germinación mayor para *Tipuana tipu* (Fabaceae) con escarificación química. Baskin y Baskin (2004) mencionaron que las especies de esta familia (entre otras), presentan porcentajes de germinación bajos de manera ocasional, debido a que poseen testas impermeables que dificultan la absorción de agua y el intercambio gaseoso, lo cual inhibe o retarda la reanudación del crecimiento del embrión y partes accesorias.

Por esta razón, Godínez-Álvares y Flores-Martínez (2000) recomendaron escarificación mecánica con navaja para *M. benthamii*, *M. pigra* y *M. polyantha*; y Pavón *et al.* (2011) indicaron escarificación química con ácido sulfúrico en *M. aculeaticarpa* para aumentar el porcentaje de germinación. En la naturaleza la escarificación ocurre mediante el intemperismo o por ingesta de la fauna local.

De la prueba con cloruro de tetrazolio aplicado a las semillas no germinadas, se observó que en la mayoría de las especies las semillas tuvieron al menos un porcentaje de viabilidad de 74% o mayor (Cuadro 2), lo cual sugiere la presencia de un tipo de latencia y, además, en *C. aesculifolia* y *M. benthamii* se observa una fracción no viable.

Lo anterior tiene concordancia parcial con los resultados de nuestro estudio para *C. aesculifolia*, porque el porcentaje de germinación no superó el 80%. Valverde *et al.* (2019) registraron que las semillas de *C. alata* (Bignoniaceae) no germinaron a 15 y 20 °C, además de la reducción en la germinación en condiciones de oscuridad, mientras que en nuestra investigación, la germinación de *T. impetiginosa* (Bignoniaceae) fue mayor a 90% (Figura 2).

Dalbergia cearensis. Despite *D. congestiflora*, *P. acatlense* and *M. benthamii* are species from the same family (Fabaceae), only the former two displayed germination percentages similar to and higher than 90%, whilst in the latter, the germination value was lower than 20% (Figure 1).

Some of the species from the TDF show problems in the germination of their seeds. Jarillo *et al.* (2013) used scarification with H_2SO_4 for lapses of 0, 30, 45, 60, 90 and 120 min in *Melia azedarach* seeds and they observed a lower number of days to the beginning of germination at 120 min. Pece *et al.* (2010) found the highest percentage of germination for *Tipuana tipu* (Fabaceae) using chemical scarification. Baskin and Baskin (2004) mentioned that the species of this family (among others) occasionally display low percentages of germination, since they have impermeable seed coats that make water absorption and gas exchange difficult, thus inhibiting or delaying the growth of the embryo and secondary seedling parts.

For this reason, Godínez-Álvares and Flores-Martínez (2000) recommended mechanical scarification with a blade for *M. benthamii*, *M. pigra* and *M. polyantha*; and Pavón *et al.* (2011) indicated chemical scarification using sulfuric acid in *M. aculeaticarpa* to increase the percentage of germination. In nature, scarification takes place by weathering or after feeding and excreting by the local fauna.

In the test with tetrazolium chloride applied on non-germinated seeds, seeds from most species were observed to have a viability percentage of at least 74% or above (Table 2), which suggests the presence of a type of dormancy, and additionally, in *C. aesculifolia* and *M. benthamii*, a non-viable fraction was observed.

Cuadro 2. Porcentaje de semillas viables (prueba de tetrazolio).

Table 2. Percentage of viable seeds (tetrazolium test).

Especies	
<i>Ceiba aesculifolia</i>	74.07
<i>Dalbergia congestiflora</i>	100.00
<i>Pithecellobium acatlense</i>	100.00
<i>Mimosa benthamii</i>	96.59
<i>Svietenia humilis</i>	100.00
<i>Tabebuia impetiginosa</i>	100.00

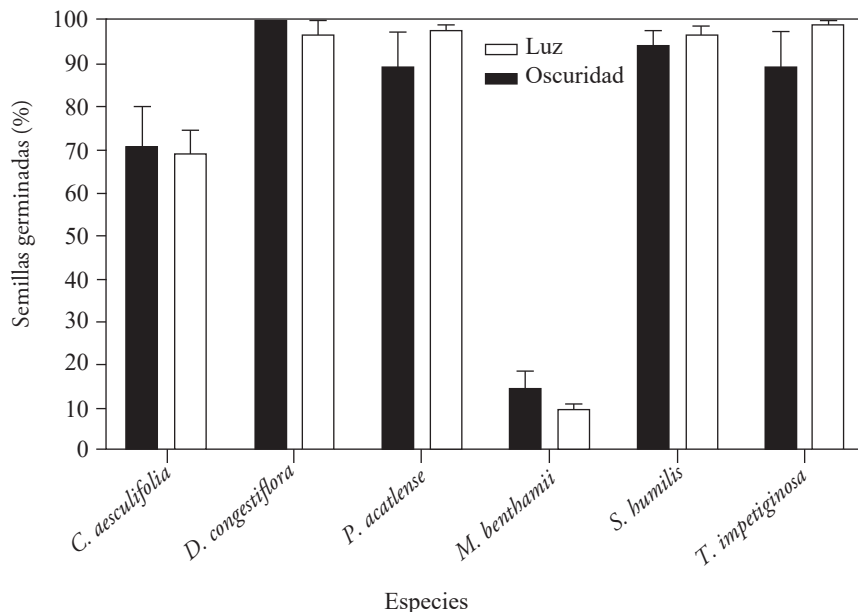


Figura 2. Valores medios de germinación de semillas de seis especies en presencia de luz: CA (71), DC (100), PA (89), MB (14), SH (94), TI (89); y oscuridad: CA (69), DC (97), PA (98), MB (10), SH (97), TI (99). Los valores son promedios (en %), \pm EE (7.261).

Figure 2. Mean germination values for seed of six species in the presence of light: CA (71), DC (100), PA (89), MB (14), SH (94), TI (89); and darkness: CA (69), DC (97), PA (98), MB (10), SH (97), TI (99). Values are averages (in %), \pm SE (7.261).

Finalmente, Rojas y Torres (2014) concluyeron que *C. odorata* (Meliaceae), en dependencia de la calidad de su semilla, alcanza más del 80% de germinación al aplicar riego moderado en condiciones de invernadero. Un resultado similar se observó en nuestra investigación para *S. humilis* (Meliaceae) que tuvo una germinación superior a 90% (Figura 1), pero nuestro estudio se efectuó en laboratorio.

Velocidad de germinación

Las semillas de *D. congestiflora* tuvieron una velocidad de germinación mayor respecto a las otras especies ($p \leq 0.05$), pero *M. benthamii* mostró los valores más bajos ($p \leq 0.05$) en luz y en oscuridad, mientras que las demás especies mostraron valores similares en ambas condiciones, excepto para *P. acatense* y *T. impetiginosa* cuya velocidad de germinación fue mayor en oscuridad con respecto a luz ($p \leq 0.05$). Contrario a lo observado en el porcentaje de germinación, el factor luz/oscuridad tuvo efecto en la velocidad de germinación al menos en estas dos especies (Figura 3).

Algunas semillas muestran un porcentaje de germinación mayor en ausencia de luz, lo cual asemeja

The above is partially consistent with the results in our study for *C. aesculifolia*, since the percentage of germination did not surpass 80%. Valverde *et al.* (2019) showed that *C. alata* (Bignoniaceae) did not germinate at 15 and 20 °C, along with a reduction of germination in darkness, while in our study, *T. impetiginosa* (Bignoniaceae) germination was higher than 90% (Figure 2).

Finally, Rojas and Torres (2014) concluded that *C. odorata* (Meliaceae), depending on seed quality, reaches above 80% of germination by applying only moderate irrigation in greenhouse conditions. A similar result was observed in our study for *S. humilis* (Meliaceae), which had a germination rate higher than 90% (Figure 1), although our study was carried out in a laboratory.

Germination speed

The *D. congestiflora* seeds had a higher speed of germination than those of other species ($p \leq 0.05$), although *M. benthamii* displayed the lowest values ($p \leq 0.05$) in light and darkness, while the remaining species displayed similar values under both conditions,

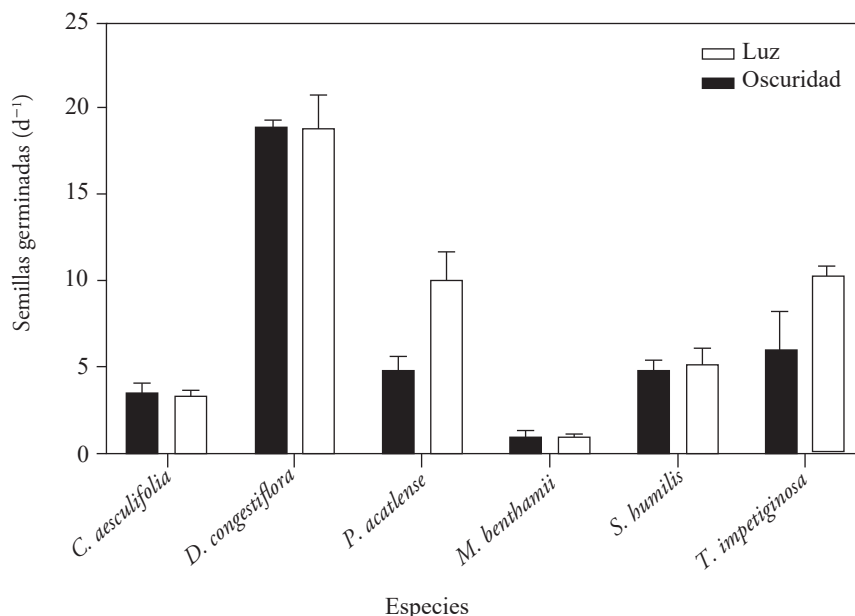


Figura 3. Promedios de velocidad de germinación (semillas germinadas por día) de las semillas de las especies en presencia de luz: CA (3.40), DC (18.92), PA (4.70), MB (0.91), SH (4.76), TI (5.97); **y oscuridad:** CA (3.33), DC (18.79), PA (10.04), MB (0.95), SH (5.19), TI (10.27). **Los valores son promedios (en %) \pm EE (1.54).**

Figure 3. Average germination speeds (seeds germinated per day) for the seeds of the species in the presence of light: CA (3.40), DC (18.92), PA (4.70), MB (0.91), SH (4.76), TI (5.97); **and darkness:** CA (3.33), DC (18.79), PA (10.04), MB (0.95), SH (5.19), TI (10.27). **The values are averages (in %) \pm SE (1.54).**

a la condición en la cual se encuentran las semillas en el medio natural por debajo de la superficie del suelo. Aunque también se debe considerar el tipo de semilla, la especie y la cantidad y calidad de luz que incide sobre las semillas (Taiz *et al.*, 2010; Bewley *et al.*, 2013).

Es necesario resaltar el hecho que, de nuevo, dos de las tres especies de la familia Fabaceae (*D. congestiflora* y *M. benthamii*) mostraron tanto el valor más alto como el más bajo (respectivamente) en la velocidad de germinación, de manera similar a lo registrado para el porcentaje. Al respecto, Pece *et al.* (2010) propusieron que las especies con el mayor porcentaje de germinación también tienen la mayor velocidad, supuesto que se cumple para las tres especies de la familia Fabaceae, pero sólo para algunas de las otras especies estudiadas en nuestra investigación. Además, el tamaño de la semilla también tiene una función importante en la velocidad de germinación, ya que las semillas de menor tamaño tienen una mayor velocidad de germinación, lo cual se debe a una menor superficie de absorción, por la cual pueden movilizar

except for *P. acatlense* and *T. impetiginosa*, both of which displayed a higher speed of germination in the dark than under light ($p \leq 0.05$). Contrary to what was observed in the percentage of germination, the light/darkness factor had an effect on the germination speed in at least these two species (Figure 3).

Some seeds display a higher germination percentage in the absence of light, which resembles the condition of the seeds in their natural environment under the soil surface. However, it is also worth considering the type of seed, its species and the amount and quality of light received by the seeds (Taiz *et al.*, 2010; Bewley *et al.*, 2013).

It is necessary to highlight the fact that, once again, two of the three species of the Fabaceae family (*D. congestiflora* and *M. benthamii*) displayed both the highest and the lowest values (respectively) in germination speed, similar to what was registered for the percentage. In this regard, Pece *et al.* (2010) proposed that the species with the highest percentage of germination also have the highest speed, an assumption which proved true for the three species

sus reservas de modo más eficiente y requieren una cantidad de agua menor para inducir la germinación (Valdez *et al.*, 2015).

Tiempo medio de germinación

En el tiempo medio de germinación también se observaron diferencias ($p \leq 0.05$) entre las condiciones de luz y oscuridad (Figura 3). Los lotes de semillas de *P. acatense* y *T. impetiginosa* en oscuridad completaron en un tiempo menor el 50% de su germinación, lo cual confirma lo obtenido en los resultados de la velocidad de germinación. De igual forma, los lotes de semillas de *D. congestiflora* alcanzaron en un lapso menor, el 50% de semillas germinadas en ambas condiciones y mostraron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) con respecto a las demás especies. Los lotes de semillas de *C. aesculifolia*, *M. benthamii* y *S. humilis* no mostraron diferencias significativas en fotoperiodo, pues obtuvieron el 50% de germinación en luz u oscuridad (Figura 4).

A pesar de que semillas de tamaño más grande se han asociado con mayor cantidad de reservas (Soriano *et al.*, 2011; 2014), la forma en que se usan o

of the Fabaceae family, but only for some of the other species studied in this study. Additionally, seed size also plays an important role in the germination speed, since the smaller seeds have a higher speed, which is due to a lower absorption surface in the seed coat, so they can transport reserves more efficiently, which is why they require a lower amount of water to induce germination (Valdez *et al.*, 2015).

Mean germination time

Differences ($p \leq 0.05$) were observed in the mean germination time between the conditions of light and darkness (Figure 3). The *P. acatense* and *T. impetiginosa* seed lots in the dark completed their 50% germination processes in less time, which confirms the information obtained in the results for the germination speed. Likewise, the *D. congestiflora* seed lots reached 50% of the seeds germinated under both conditions in a lower time and displayed significant differences ($p \leq 0.05$) compared to the remaining species. The *C. aesculifolia*, *M. benthamii* and *S. humilis* seed lots did not display significant differences in photoperiod, since they obtained 50%

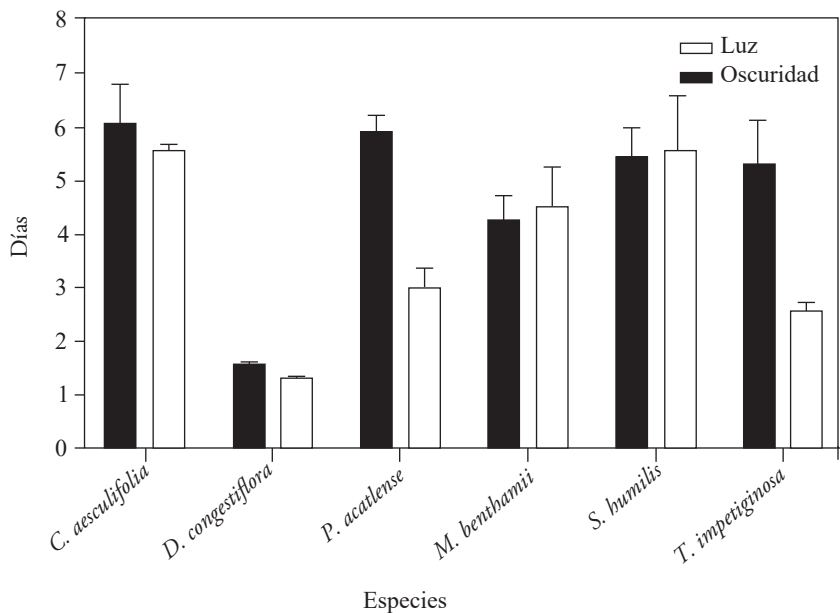


Figura 4. Tiempo medio de germinación (obtención del 50 % de germinación en días) de las semillas de las especies en presencia de luz: CA (6.08), DC (1.57), PA (5.89), MB (4.25), SH (5.42), TI (5.30); y oscuridad: CA (5.55), DC (1.33), PA (2.99), MB (4.49), SH (5.52), TI (2.56). Los valores son promedios (en %) \pm EE (0.79).

Figure 4. Mean germination time (50 % of germination obtained in days) of the seeds of species in the presence of light: CA (6.08), DC (1.57), PA (5.89), MB (4.25), SH (5.42), TI (5.30); and darkness: CA (5.55), DC (1.33), PA (2.99), MB (4.49), SH (5.52), TI (2.56). The values are averages (in %) \pm SE (0.79).

movilizan varía durante la germinación. Childs *et al.* (2010) argumentaron que las respuestas germinativas varían de acuerdo con la especie o incluso entre grupos de semillas de la misma especie, debido a que cada individuo desarrolla sensibilidades diferentes para germinar y depende de las características cuantitativas y cualitativas del ambiente, más aun cuando se estudian especies silvestres. Sin embargo, en nuestra investigación *M. benthamii* presentó los valores más bajos en las variables evaluadas, excepto en el contenido de humedad en la cual tuvo el valor más alto, lo cual sugiere que este factor puede influir sobre las respuestas germinativas, aunque esto tendría que comprobarse.

CONCLUSIONES

Las semillas de las especies evaluadas presentaron un contenido de humedad consistente con lo consignado para este tipo de vegetación. El peso de semilla está en función de cada especie y no influyó en el porcentaje de germinación. La condición de luz/oscuridad tampoco fue determinante para la germinación, excepto en *Pitecellobium acatlense* y *Tabebuia impetiginosa* en la velocidad y el tiempo medio de germinación.

Dalbergia congestiflora presentó uno de los porcentajes de germinación mayores, produjo más semillas germinadas por día y alcanzó el 50% de germinación en menos tiempo, respecto a las demás. De acuerdo con la germinación y viabilidad, en *Mimosa benthamii* se infiere la presencia de latencia.

El conocimiento de los requerimientos para germinar, y las respuestas germinativas que mostraron estas especies, es importante para obtener resultados óptimos en caso de evaluar aspectos como estrategias de manejo y conservación en las especies maderables de la selva baja caducifolia en México.

AGRADECIMIENTOS

A la Vicerrectoría de Investigación y Estudios de Posgrado (VIEP) por la beca otorgada para la realización del proyecto "Germinación y morfología de plántulas de especies arbóreas de una selva baja caducifolia en el estado de Puebla" (AHAR-NAT17-1).

of germination in light or darkness at a similar time (Figure 4).

Although the larger seeds have been related to larger amounts of reserves (Soriano *et al.*, 2011; 2014), the way in which they are used or mobilized varies during germination. Childs *et al.* (2010) argued that germinative responses vary with the species or even between groups of seeds from the same species, since each individual develops different sensitivities to germinate, and it depends on the quantitative and qualitative characteristics of the environment, and even more so in wild species. However, in our research *M. benthamii* showed the lowest values in the evaluated variables, except in the humidity content, in which it had the highest value; thus suggesting that this factor may have an influence on the germinative responses, although this would have to be confirmed.

CONCLUSIONS

The seeds of the species evaluated presented a humidity content that was consistent with records for this type of vegetation. Seed weight depends on each species and did not have an influence on the percentage of germination. The condition of light/darkness was not determinant on germination, either, except in *Pitecellobium acatlense* and *Tabebuia impetiginosa* in the germination speed and mean germination time.

Dalbergia congestiflora exhibited one of the highest germination percentages, it produced the greatest quantity of germinated seeds per day, and it reached 50% of germination in the lowest time, in comparison with others. According to germination and viability records, in *Mimosa benthamii* the presence of dormancy is inferred.

The knowledge of the requirements to germinate and the germinative responses that these species displayed, are important to obtain optimum results when evaluating features such as management and conservation strategies of the timber species in the tropical deciduous forests in Mexico.

—End of the English version—



LITERATURA CITADA

- Barboza-Nogueira, F. C., S. Medeiros-Filho, e M. I. Gallão. 2010. Caracterização da germinação e morfologia de frutos, sementes e plântulas de *Dalbergia cearensis* Ducke (pau-violeta) – Fabaceae. *Acta Bot. Bra.* 24: 978-985.
- Baskin, M. J., and C. C. Baskin. 2004. A classification system for seed dormancy. *Seed Sci. Res.* 14: 1-16.
- Bewley, J. D., K. Bradford, M. Hilhorst, and H. Nonogaki. 2013. *Seeds Physiology of Development, Germination and Dormancy*. 3rd. ed. Springer. New York, USA. 445 p.
- Bradbeer, J. W. 1988. *Seed Dormancy and Germination*. Springer. New York. 145p.
- Challenger A., y J. Soberón. 2008. Los ecosistemas terrestres, *In*: Soberón, J., Halffter, G., Llorente-Bousquets, J. (compls.) *Capital Natural de México*. CONABIO. Gob. México. 1: 87-108.
- Childs, D. Z., C. J. Metcalf and M. Rees. 2010. Evolutionary bet-hedging in the real world: empirical evidence and challenges revealed by plants. *Proc. Biol. Sci.* 277: 3055-3064.
- Climate-data.org. 2018. Base pública de datos. <https://es.climate-data.org/america-del-norte/mexico/puebla/huehuetlan-el-chico-328453/#climate-table> (Consulta: diciembre 2018).
- Côme, D. 1968. Problèmes de la terminologie poses par la germination et ses obstacles. *Bull. Soc. Fran. Phys. Veg.* 14:3-9.
- Cordero J., y H. Boshier D. 2003. *Árboles de Centroamérica: un manual para extensionistas*. Oxford Forestry Institute, UK. CATIE, Turrialba, CR. 1077 p.
- Doria, J. 2010. Generalidades sobre las semillas: Su producción, conservación y almacenamiento. *Cultivos Trop.* 31: 74-85.
- Espitia-Rangel, E., D. Escobedo-López, C. Mapes, M. de la O-Olán, M. Aguilar-Delgadillo, M. Hernández-Casillas, A. Ayala G., P. Rivas V., G. Martínez-Trejo, y M. Ramírez-Vázquez. 2012. Conservación de los recursos genéticos de amaranto (*Amaranthus* spp.) en México. *In*: Espitia Rangel, E. (ed). *Amaranto: Ciencia y Tecnología INIFAP/SINAREFI*. México. pp: 147-163.
- Fenner, M., and K. Thompson. 2005. *The Ecology of Seed*. Cambridge University Press. New York. 249 p.
- Gilman, E. F., and D. G. Watson. 1994. *Tabebuia impetiginosa* Purple Tabebuia. Environmental Horticulture Department, UF/IFAS Extension. <http://edis.ifas.ufl.edu>. (Consulta: agosto 2017)
- Godínez-Álvarez, H., y A. Flores-Martínez. 2000. Germinación de semillas de 32 especies de plantas de la costa de Guerrero: su utilidad para la restauración ecológica. *Polibotánica* 11: 1-29.
- GraphPad Software, Inc. PRISM. 2012. Versión 6.01. Graphpad Software, Inc. San Diego, CA. USA.
- Grether R., A. Martínez-Bernal, M. Luckow, y S. Zárate. 2006. Flora del valle de Tehuacán-Cuicatlán. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. 44:1-108.
- Guizar-Nolazco, E., y A. Sánchez-Vélez. 1991. Principales Árboles del Alto Balsas. Universidad Autónoma de Chapingo. México. 203 p.
- Huerta S, S., A. Vidal C., J. Rodríguez R., M. Bonilla B., M. Mora-Pérez., S. Vázquez M., G. Andrés O., y F. Faustino H. 2009. Principales Árboles y Arbustos de la Selva Baja Caducifolia de la Mixteca Baja Poblana, Puebla, México. El Errante Editor. FUPPUE. México. 119 p.
- ISTA (Asociación Internacional de Pruebas de Semillas). 2014. *International Rules for Seed Testing*. The International Seed Testing Association (ISTA) Zürichstr 50, CH-8303 Bassersdorf, Switzerland. 272 p.
- Jaganathan, K. G., and B. Liu. 2014. Role of seed sowing time and microclimate on germination and seedling establishment of *Dodonaea viscosa* (Sapindaceae) in a seasonal dry tropical environment — an insight into restoration efforts. *Botany* 93: 23–29.
- Jarillo, R., Castillo, G., Degollado, H., Flores, R., Valles, M. y Escobar, H. 2013. Emergencia de semillas de piocho (*Melia azedarach* L.) sometida a diferentes tiempos de escarificación con H2SO4. *Av. Inv. Agrop.* 17: 83-88.
- Khurana, E., and J. S. Singh. 2004. Germination and seedling growth of five tree species from tropical dry forest in relation to water stress: impact of seed size. *J. Trop. Ecol.* 20: 385-396.
- Lobo, A. J., M. Quesada, K. E. Stoner, E. J. Fuchs, Y. Herrerías-Diego, J. Rojas, and G. Saborío. 2003. Factors affecting phenological patterns of Bombacaceous trees in seasonal forests in Costa Rica and Mexico. *Am. J. Bot.* 90: 1054–1063.
- Long, R. L., M. J. Gorecki., M. Renton., J. K. Scott., L. Colville., D. E. Goggin., L. E. Commander., D. A. Westcott., H. Cherry, and W. E. Finch-Savage. 2014. The ecophysiology of seed persistence: a mechanistic view of the journey to germination or demise. *Boil. Rev.* 1-29. DOI: 101111/brv.12095.
- Luna, C., Rodríguez, O., Enríquez, V., Ruíz, L., García, A. y Campos, A. 2018. Frutos y semillas de *Bursera simplex* Rzed. & Calderon en diferentes sitios y estructura arborea. *Rev. Mex. Cienc. For.* 9: 92-114.
- Maguire, J. D. 1962. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigour. *Crop Sci.* 2: 176-177.
- Marcos-Filho, J. 2015. *Fisiología de Sementes de Plantas Cultivadas*. Piracicaba: FEALQ. Brasil. 495 p.
- Milošević, M., M. Vujaković, and D. Karagić. 2010. Vigour tests as indicators of seed viability. *Genetika.* 42: 103-118.
- Neri S., M., A. Bustamante G., S. Vargas L., y J. D. Guerrero R. 2015. Representatividad ecológica de las áreas naturales protegidas del estado de Puebla, México. *Ecol. Apl.* 14: 87-93.
- Parra C, F. I., y J. P. Délano F. 2012. Uso de bacterias promotoras de crecimiento vegetal para aumentar la productividad de amaranto de grano. *In*: Rangel, E. (ed). *Amaranto: Ciencia y Tecnología Espitia INIFAP/SINAREFI*. México. pp: 113-127.
- Pavón N. P., J. Ballato-Santos, y C. Pérez-Pérez. 2011. Germinación y establecimiento de *Mimosa aculeaticarpa* var. *biuncifera* (Fabaceae-Mimosoideae). *Rev. Mex. Biodiv.* 82: 653-661. DOI: <http://dx.doi.org/10.22201/ib.20078706e.2011.2.461>.
- Pece M, G., C. Gaillard B., M. Acosta, C. Bruno, S. Saavedra, y O. Buenas. 2010. Germinación de *Tipuana tipu* (Benth.) O. Kuntze (tipa blanca) en condiciones de laboratorio. *Quebracho* 18:5-15.
- Rojas, R. y Torres, C. 2014. Árboles del Valle Central de Costa Rica: reproducción cedro amargo (*Cedrela odorata* L.). *Rev. For. Mesoam.* 11: 25-27.
- Rubio, L., Romero, R., Rojas, Z., Durán, D. y Gutierrez, G. 2011. Variación del tamaño de frutos y semillas en siete especies de encino (*Quercus*, Fagaceae). *Polibotánica.* 32: 135-151.

- Sánchez, S., Jurado, Y., Pando, M., Flores, R. y Muro, P. 2010. Estrategias germinativas de las semillas en ambientes áridos. Rev. Chap. Serie Zonas Áridas. 9: 35-38.
- Soriano D., A. Orozco-Segovia, J. Márquez-Guzmán, K. Kitajima, A. Gamboa-de Buen, and P. Huante. 2011. Seed reserve composition in 19 tree species of a tropical deciduous forest in Mexico and its relationship to seed germination and seedling growth. Ann. Bot. 107: 939–951.
- Soriano D., P. Huante, A. Gamboa-de Buen and A. Orozco-Segovia. 2013. Seed reserve translocation and early seedling growth of eight tree species in a tropical deciduous forest in Mexico. Plant Ecol. 214:1361-1375. DOI 10.1007/s1258-013-0257-z
- Soriano D., P. Huante, and A. Gamboa-de Buen. 2014. Effects of burial and storage on germination and seed reserves of 18 tree species in a tropical deciduous forest in Mexico. Oecologia 174:33–44.
- Taiz, L., E. Zeiger, I., M. Moller, and A. Murphy. 2010. Plant Physiology and Development. 6a. ed. Massachusetts U.S.A. Sinauer Associates Inc. 700 p.
- Valverde, R. K., Morales, C. and García, E. 2019. Germinación de semillas de *Crescentia alata* (Bignoniaceae) en distintas condiciones de temperatura, luminosidad y almacenamiento. Rev. Biol. Trop. 67: S120-S131.
- Vargas-Figueroa , J. A., O. L. Duque-Palacio, y A. M. Torres-González. 2015. Germinación de semillas de cuatro especies arbóreas del bosque seco tropical del Valle del Cauca, Colombia. Rev. Biol. Trop. 63: 249-261.
- Vásquez J., M. Coello-Castillo, L. Pliego-Marín, G. Zárate-Altamirano, y G. Córdova-Gámez. 2015. Potencial germinativo de *Lysiloma acapulcense* (Kunth) Bent, una especie de la selva baja caducifolia de la Mixteca Oaxaqueña. Rev. Mex. Agroecos. 2: 49-61.
- Velázquez-Rosas, N., B. Ruiz-Guerra, M. E. Sánchez-Coronado, A. Gamboa-de Buen, and A. Orozco-Segovia. 2017. Morphological variation in fruits and seeds of *Ceiba aesculifolia* and its relationship with germination and seedling biomass. Bot. Sci. 95: 81-91. DOI: 10.17129/botsci.636
- Valdez, E. Uscanga, M., Kohashi, S. García, N., Martínez, M., Torres, G. y García, E. 2015. Tamaño de semilla, granulometría del sustrato y profundidad de siembra en el vigor de semilla y plántula de dos malezas. Agrociencia. 49: 899-915.
- Zapater A, M., L. Califano M., E. Del Castillo M., M. Quiroga A., y E. Lozano C. 2009. Las especies nativas y exóticas de *Tabebuia* y *Handroanthus* (Tecomeae, Bignoniaceae) en Argentina. Darwiniana 47: 185-220.