



## DORMANCIA FÍSICA DE LA SEMILLA DE *Peltophorum pterocarpum* (DC.) Backer ex Heyne: ESTUDIO MORFOANATÓMICO, GERMINACIÓN Y EMERGENCIA DE LA PLÁNTULA

Solenny Parra-Rivero<sup>1\*</sup>, Norberto Maciel-De Sousa<sup>2</sup>, María Sanabria-Chopite<sup>3</sup>, Rosario Valera<sup>4</sup>

<sup>1,4</sup>Laboratorio de Producción de Ornamentales y Semillas Hortícolas. Decanato de Agronomía. Programa de Ingeniería Agronómica. Universidad Centroccidental “Lisandro Alvarado”. E-mail: [solennyparra@ucla.edu.ve](mailto:solennyparra@ucla.edu.ve), [rosariovalera@ucla.edu.ve](mailto:rosariovalera@ucla.edu.ve)

<sup>2</sup>Laboratorio de Producción de Ornamentales y Semillas Hortícolas. Posgrados de Agronomía. Programa de Horticultura Universidad Centroccidental “Lisandro Alvarado”. E-mail: [norbertomaciel@ucla.edu.ve](mailto:norbertomaciel@ucla.edu.ve)

<sup>3</sup>Laboratorio de Microtecnia. Posgrados de Agronomía. Programa de Fitopatología. Universidad Centroccidental “Lisandro Alvarado”. E-mail: [mesabaria@ucla.edu.ve](mailto:mesabaria@ucla.edu.ve)

\*Autor para la correspondencia: [solennyparra@ucla.edu.ve](mailto:solennyparra@ucla.edu.ve)

Recibido: 13-07-2020 / Aceptado: 27-11-2020 / Publicación: 31-12-2020

Editor Académico: Ramón Jaimez Arellano

### RESUMEN

*Peltophorum pterocarpum* (DC.) Backer ex Heyne es un árbol cuyo crecimiento rápido y adaptación a condiciones de estrés hídrico permiten su uso como ornamental en ciudades secas y calientes de los trópicos. Sin embargo, la propagación por semillas se dificulta debido a la dureza de la cubierta seminal, siendo necesaria la aplicación de tratamientos pregerminativos. El objetivo fue describir el proceso de germinación, emergencia y analizar las posibles causas morfoanatómicas de la dormancia en las semillas de *P. pterocarpum*. Para ello se estimaron los tiempos de germinación (T10, T50, T90), se estudió la fase plantular y se realizaron láminas semipermanentes. Las semillas son elípticas, homogéneas y opacas. Se evidenció la presencia del hilo, micrópilo, funículo, rafe y el lente o estrofiolo ubicados hacia el extremo hilar. El embrión es recto y el eje embrional está conformado por la radícula cónica, anfitropa, con dos cotiledones simples, elípticos, carnosos y endosperma escaso. La germinación fue epigea y fanerocotilar, con el primer par de prófilos bipinnados de ocho folíolos. Las características morfoanatómicas de las semillas proporcionan las estrategias para que la especie pueda propagarse a través del tiempo y el espacio debido a la presencia de la dormancia física, la cual se asocia anatómicamente con el tejido esclerenquimático presentado por la presencia de dos capas de células uniformemente engrosadas, lignificadas y compactas, dispuestas en empalizada, junto a una hilera de osteoesclereidas. Para facilitar los procedimientos a seguir por viveristas y productores durante la propagación sexual de la especie, se recomienda evaluar tratamientos pregerminativos.

**Palabras clave:** *Peltophorum pterocarpum*, semilla, germinación, dormancia, morfoanatomía.

## PHYSICAL DORMANCY OF THE SEED OF *Peltophorum pterocarpum* (DC.) Backer ex Heyne: MORPHOANATOMIC STUDY, GERMINATION AND SEEDLING EMERGENCY

### ABSTRACT

*Peltophorum pterocarpum* (DC.) Backer ex Heyne is a tree whose rapid growth and adaptation to hydric stress conditions allow its use as an ornamental in hot, dry cities of the tropics. However, the propagation by seeds is difficult due to the hardness of the seminal cover, being necessary the application of pregerminative treatments. The objective was to describe the germination and emergence process and to analyze the possible morphoanatomic causes of dormancy in *P. pterocarpum* seeds. For this, the germination times (T10, T50, T90) were estimated, the seedling phase was studied and semi-permanent sheets were made. The seeds are elliptical, homogeneous, and opaque. The presence of the thread, micropyle, funiculus, raphe, and the lens or strophiole located towards the end of the line was evidenced. The embryo is straight and the embryonic axis is made up of the conical, amphitropic radicle, with two simple, elliptical, fleshy cotyledons and scant endosperm. Germination was epigeal and phanerocotylar, with the first pair of bipinnate prophylls with eight leaflets. The morphoanatomical characteristics of the seeds provide the strategies for the species to spread through time and space due to the presence of physical dormancy, which is anatomically associated with the sclerenchymal tissue presented by the presence of two layers of cells uniformly thickened, lignified and compact, arranged in a palisade, next to a row of osteosclereids. To facilitate the procedures to be followed by nurserymen and producers during the sexual propagation of the species, it is recommended to evaluate pregerminative treatments.

**Keywords:** *Peltophorum pterocarpum*, seed, germination, dormancy, morphoanatomy.

## **DORMÊNCIA FÍSICA DA SEMENTE DE *Peltophorum pterocarpum* (DC.) Backer ex Heyne: ESTUDO MORFOANATÔMICO, GERMINAÇÃO E EMERGÊNCIA DA MUDANÇA**

### **RESUMO**

*Peltophorum pterocarpum* (DC.) Backer ex Heyne é uma árvore cujo rápido crescimento e adaptação às condições de estresse hídrico permitem seu uso como ornamental em cidades quentes e secas dos trópicos. Porém, a propagação por sementes é difícil devido à dureza da cobertura seminal, sendo necessária a aplicação de tratamentos pré-germinativos. O objetivo foi descrever o processo de germinação e emergência e analisar as possíveis causas morfoanatômicas da dormência em sementes de *P. pterocarpum*. Para tanto, foram estimados os tempos de germinação (T10, T50, T90), estudada a fase de muda e confeccionadas lâminas semipermanentes. As sementes são elípticas, homogêneas e opacas. Foi evidenciada a presença do fio, micrópila, funículo, rafe e do cristalino ou estatrofia localizada próximo ao final da linha. O embrião é reto e o eixo embrionário é constituído pela radícula anfitrópica cônica, com dois cotilédones simples, elípticos, carnudos e escasso endosperma. A germinação foi epígea e fanerocotiledonar, com o primeiro par de perfis bipenados com oito folíolos. As características morfoanatômicas das sementes fornecem as estratégias para que a espécie possa se espalhar no tempo e no espaço devido à presença de dormência física, que está anatomicamente associada ao tecido esclerenquimal apresentado pela presença de duas camadas de células uniformemente engrossadas, lignificadas e compactadas, dispostas em paliçada, próximo a uma fileira de osteosclereídeos. Para facilitar os procedimentos a serem seguidos por viveiristas e produtores durante a propagação sexual da espécie, recomenda-se avaliar tratamentos pré-germinativos.

**Palavras chave:** *Peltophorum pterocarpum*, semente, germinação, dormência, morfoanatomia.

---

Citación sugerida: Parra-Rivero, S., Sousa, N., Sanabria-Chopite, M., Valera, R. (2020). DORMANCIA FÍSICA DE LA SEMILLA DE *Peltophorum pterocarpum* (DC.) Backer ex Heyne: ESTUDIO MORFOANATÓMICO, GERMINACIÓN Y EMERGENCIA DE LA PLÁNTULA. Revista Bases de la Ciencia, 5(3), 73-89. DOI: 10.33936/rev\_bas\_de\_la\_ciencia.v%vi%i.2489 Recuperado de:  
<https://revistas.utm.edu.ec/index.php/Basedelaciencia/article/view/2489>

---

## 1. INTRODUCCIÓN

*Peltophorum pterocarpum* (DC.) Backer ex Heyne es un árbol conocido como llama dorada, acacia africana, flamboyant amarillo o San Francisco. Es originario de Ceilán, Sur de la India, Malaya y el norte de Australia de distribución pantropical, por lo tanto se adapta a las condiciones de bosque seco muy tropical (Haston et al., 2005). Esta especie en estado adulto puede alcanzar entre 9 a 20 m de altura, la copa es amplia y densa. El tronco es recto y marrón. Las hojas son de color verde oscuro, alternas bipinnadas, de 3 a 34 cm de largo, con 8 a 15 pares de pinnas. Las inflorescencias junto con el raquis y las yemas florales son densamente pilosos-ferrugíneas y las flores de color amarillo brillante, agrupadas en panículas racemosas que le imprime un colorido áureo en época de floración. Los frutos son legumbres indehiscentes, oblongo elípticas, de 4 a 7 cm de largo por unos 2 cm de ancho (Atencio et al., 2003; Hoyos, 2009). Por su rápido crecimiento, fácil cultivo y su adaptación a condiciones de estrés hídrico, se usa como ornamental en parques y jardines (Shafiq y Iqbal, 2007).

La cubierta de la semilla de *P. pterocarpum* está representada por una testa rudimentaria, con el pericarpio ocupando la primera capa externa que la recubre, derivado de la pared del ovario. En las leguminosas, la cubierta se forma a partir de los dos tegumentos del óvulo durante la ontogenia de la semilla y se originan distintas capas que se transformarán en la testa, mientras que en algunos casos los integumentos internos desaparecen (Bewly, 1997). En cuanto a la utilidad del conocimiento sobre la cubierta seminal se señala que esta estructura permite la caracterización a nivel de familia y en algunos casos de género. Puede ser modificada por ciertos factores tales como el tipo de fruto, la densidad de semillas que contiene, y a factores externos como humedad en el suelo, radiación solar y todos los que afecten el crecimiento y desarrollo de la planta madre (Werker, 1997).

El ambiente que circunda tanto al cigoto como a la planta madre pueden actuar en el establecimiento de la dormancia, la cual puede causar cambios en los tejidos del fruto y la semilla. Desde el punto de vista ecológico, la dormancia de semilla facilita la perpetuación de las especies vegetales y geográficamente influye en la propagación de estas, la cual dependerá de las condiciones ambientales, facilitando que la germinación ocurra en determinados momentos y lugares (Mousavi et al., 2011; Penfield y MacGregor, 2017).

La cubierta seminal cumple con la función de conservar la integridad de la semilla, proteger el embrión contra posibles daños mecánicos, actuando como una barrera física ante el ataque de plagas y enfermedades, a su vez regula el intercambio gaseoso entre el embrión y el ambiente circundante. También participa en el proceso de dispersión de la semilla, regulando el proceso de imbibición y determina el tipo de dormancia (Souza y Marcos-Filho, 2001). Por lo tanto, la dormancia impuesta

por la impermeabilidad de la cubierta seminal al agua o gases es la de tipo física y exógena, común en las especies de Fabaceae (Molizane et al., 2018).

La dormancia física ha sido reportada en al menos 17 familias botánicas, incluyendo las Fabaceae, Malvaceae, Cannaceae, Geraniaceae y Convolvulaceae y está presente en los progenitores silvestres de las leguminosas cultivadas (Smýkal et al., 2014). Representa una adaptación fisiológica ante la heterogeneidad del ambiente y es un factor principal que influye en la dinámica natural de las poblaciones y la permanencia de la especie en el tiempo y el espacio.

La propagación de *P. pterocarpum* generalmente se realiza a través de la semilla botánica, sin embargo, la morfoanatomía de esta estructura, así como el proceso de germinación y emergencia han sido poco estudiados. Al igual que en otras especies de las Fabaceae, esta presenta la cubierta dura, lo que condicionaría su proceso de germinación (Atencio et al., 2003).

Existe una amplia variedad de tratamientos pregerminativos para interrumpir la dormancia física de las semillas, cumpliendo con la función de suavizar, desgastar, ablandar, agrietar o fraccionar la cubierta seminal, favoreciendo el ingreso del agua y los consecuentes procesos que implica la germinación. En la naturaleza, desde el calor del fuego hasta el agua caliente pueden actuar sobre la cubierta seminal (Burrow et al., 2018; Chaichanasuwat et al., 1989).

Padmavati et al. (2017) afirmaron que la alteración o escarificación de la cubierta seminal mediante el uso de técnicas como la perforación, corte, limado con papel de lija son los procedimientos permiten superar la dormancia. De manera que se ha logrado elevar los valores del porcentaje de germinación mediante el lijado de las cubiertas, remojo en agua a 80 °C o la fractura de las mismas mediante agitadora eléctrica de uso culinario (Atencio et al., 2003). A su vez Lindo-Angulo et al. (2017) comprobaron que la inmersión en ácido giberélico a 1 ppm estimuló la germinación en semillas de *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze, ya que al sumergirlas en esta solución se reemplaza el requerimiento de luz solar y temperatura, promoviendo la germinación.

Sin embargo, solo la determinación del origen de la dormancia de una especie permitiría la asertividad y efectividad de tratamientos pregerminativos a implementar. El estudio de las características morfoanatómicas de la semilla podrían contribuir a explicar, predecir o incluso a seleccionar un tratamiento pregerminativo favorable, que modifique la cubierta seminal a través de la escarificación o una alteración permanente por medio del mejoramiento genético (Souza y Marcos-Filho, 2001). Esta investigación tuvo como objetivo describir el proceso de germinación y emergencia, y analizar las posibles causas morfoanatómicas de la dormancia en las semillas de *P. pterocarpum*.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

Los experimentos se llevaron a cabo en las instalaciones del Posgrado del Decanato de Agronomía de la Universidad Centroccidental “Lisandro Alvarado” (UCLA) ubicado en Cabudare, municipio Palavecino del estado Lara, Venezuela, localizado a 10°01’30’’ latitud norte, 69°16’30’’ longitud oeste y a una altitud de 500 msnm, precipitación anual de 662 mm y 24,9 °C de temperatura promedio. Los frutos maduros de *P. pterocarpum* se colectaron en la ciudad de Barquisimeto, estado Lara, Venezuela, de una población de 10 árboles que formaban parte del paisajismo urbano. Se realizó la extracción y selección de las semillas, eligiendo aquellas que se encontraban aparentemente sanas, sin deformaciones ni indicios o signos de enfermedad.

### Germinación

Con el fin de describir la germinación de las semillas de San Francisco se utilizaron 8 bandejas multiceldas cónicas para la producción de plantas forestales de 100 cm<sup>3</sup> de 25 celdas y cada bandeja representó una repetición. El sustrato estuvo conformado por suelo franco arenoso y aserrín de coco (v:v) (1:1) previamente pasteurizado. Se sembró en cada celda una semilla a 1 cm de profundidad. El registro de germinación se llevó a cabo diariamente, a partir de la germinación de la primera semilla y el criterio establecido fue la presencia de cotiledones expandidos y en posición horizontal con respecto al epicótilo.

Se estudió el desarrollo y la morfología de las plántulas a través de un sistema abreviado de diagnóstico, basado en las diferentes fases de desarrollo de las mismas que va desde la germinación hasta la formación del primer par de protófilos. Por medio de la comparación directa se realizaron las observaciones diarias de las plántulas y por comparación directa con la clave propuesta por Ricardi (1999), se obtuvo una fórmula de varios dígitos que describe el tipo de plántula de *P. pterocarpum*.

### Estudio morfológico

Para la caracterización morfológica de las semillas, se determinó la longitud polar y ecuatorial (ambas variables expresadas en milímetros) con un vernier digital para un lote de 100 semillas elegidas al azar y posteriormente se estimó el promedio de las 7 repeticiones; mientras que el peso de 100 semillas (expresado en gramos) fue el promedio de 6 repeticiones de 100 semillas cada una, utilizando para ello una balanza electrónica de apreciación de 0,01 mg. El porcentaje de humedad se cuantificó utilizando 6 réplicas conformada por 25 semillas, se evaluó el peso fresco antes de colocarlas en la estufa a 60 °C por 48 horas hasta obtener un peso constante (peso seco), con los datos obtenidos se aplicó la siguiente fórmula matemática para estimar esta variable.

$$\% \text{ Humedad} = \frac{\text{Peso fresco} - \text{Peso seco}}{\text{Peso seco}} * 100$$

El color se determinó por observación directa a través de la tabla de Munsell para tejidos vegetales (Munsell Color, 1977).

### Estudio anatómico

Se seleccionaron 20 semillas de *P. pterocarpum* para aplicarles el procedimiento estándar de microtecnia vegetal, el cual consistió en someterlas a remojo en agua a temperatura ambiente por 48 horas para ablandar la cubierta seminal. Las semillas se seccionaron a mano alzada siguiendo el sentido transversal a la longitud polar de la semilla. Los segmentos obtenidos se tiñeron con safranina acuosa al 5%. Seguidamente se prepararon las láminas semipermanentes usando una solución agua:glicerina (v:v), colocando las secciones realizadas sobre una gota de la mencionada solución, posteriormente se sellaron con esmalte transparente para luego observarse bajo el microscopio óptico para la posterior descripción de los tejidos observados (García et al., 2008).

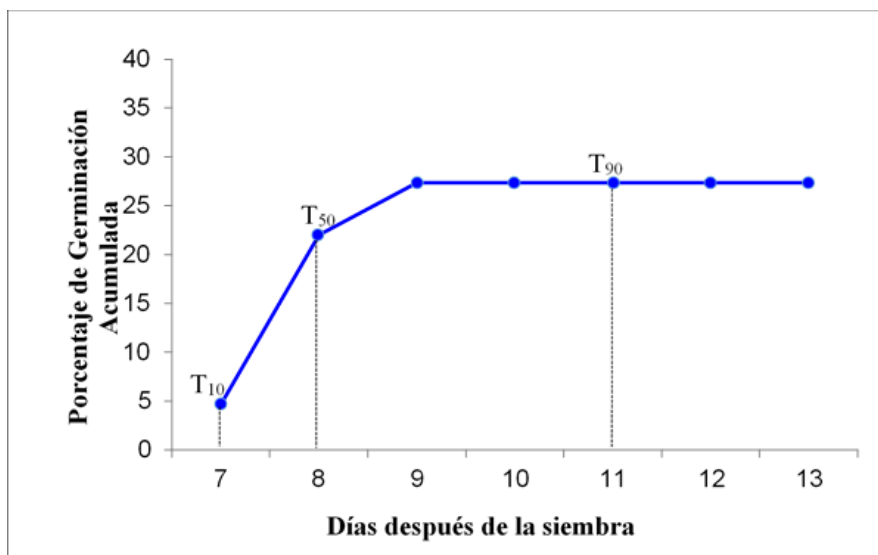
## 1. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Germinación

El inicio de la germinación de las semillas se registró a los 7 días después de la siembra y se extendió hasta los 13 días, alcanzándose un porcentaje de germinación acumulada de 27,3%. En la **Figura 1** se observa la curva del porcentaje de germinación acumulada, donde la pendiente asciende entre los días 7 y 9 después de la siembra, coincidiendo con los días en que germinaron la mayoría de las semillas, y se estabiliza a partir del día 11. Por lo tanto, los valores del T10, T50 y T90 se registraron los días 7, 8 y 11 días después de la siembra respectivamente. La estimación se realizó en función del número total de semillas germinadas (Furatani et al., 1985).

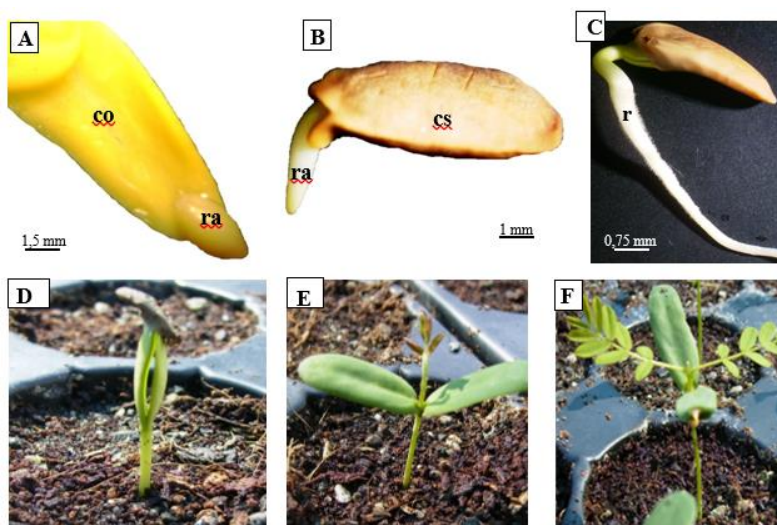
La radícula del embrión en *P. pterocarpum* es anfítropa, ya que se orienta en sentido opuesto al micrópilo y se observa como ocurre la protusión de la radícula luego que ocurre la imbibición de la semilla y se inicia la germinación (**Figura 2A, 2B y 2C**).





**Figura 1.** Curva de porcentaje de germinación acumulada de las semillas de *Peltophorum pterocarpum* con los valores de T<sub>10</sub>, T<sub>50</sub> y T<sub>90</sub> (T<sub>10</sub>: tiempo que tardan para germinar el 10% de las semillas. T<sub>50</sub>: tiempo que tardan para germinar el 50% de las semillas. T<sub>90</sub>: tiempo que tardan para germinar el 90% de las semillas).

Según estudio de la plántula, las características morfológicas observadas estuvieron definidas en la metodología propuesta por Ricardi y Adamo (1999). Al aplicar la clave de diagnóstico se observó que la germinación es epígea, la emergencia de la plántula es fanerocotilar y de emergencia inicial derecha, por cuanto los cotiledones abandonan las cubiertas seminales a medida que la plántula se desarrolla (**Figura 2D**). Los cotiledones son epígeos, no foliáceos, sésiles, con limbo entero (**Figura 2E**); con el primer par de protófilos bipinnados con 8 folíolos cada uno, opuestos, compuestos, no estipulados, el hipocótilo sin catáfilos y el margen de los folíolos es entero (**Figura 2F**). En resumen, la fórmula diagnóstica según los criterios presentados en la clave fue 1-4-5-8-10-11-13-16-18-20-21.



**Figura 2.** Germinación y fase plantular de *Peltophorum pterocarpum*: A) Detalle del cotiledón (co) e inicio de radícula (ra). B) Protusión de la radícula (ra) a través de la cubierta seminal (cs). C) Conformación de la raíz (r). D) Germinación epígea, emergencia de la plántula fanerocotilar, E) Plántula con cotiledones desplegados. F) Plántula con cotiledones desplegados y primeros folíolos.

emergencia inicial derecha, E) Cotiledones epigeos, no foliáceos, sésiles y con limbo entero. F) Primer par de protófilos opuestos, compuestos, no estipulados, el hipocótilo sin catáfilos.

El tipo de germinación y la presencia de los cotiledones no foliáceos coincidió con lo determinado por Oliveira (1999), quien afirmó que en las leguminosas arbóreas estudiadas resultaron ser epigeas, mientras que el 20% de las Caesalpiniaceas tuvieron cotiledones no foliáceos.

El porcentaje de germinación obtenido fue inferior a 35%, valor superior al reportado por Chaichanasuwat et al. (1989) y Mai-Hong et al. (2003), Ellos justifican que los resultados obtenidos estuvieron favorecidos por la aplicación de tratamientos pregerminativos, lo cual permitió inferir que para alcanzar altos valores de germinación de *P. pterocarpum* es necesario emplear estos tratamientos previos a la siembra con el propósito de vencer la dormancia física.

En el mismo orden de ideas, Melo et al. (2017), estudiaron dos especies que pertenecen a la misma clasificación botánica de *P. pterocarpum* y obtuvieron porcentajes de germinación comprendidos entre 58% y 75%. En semillas de *Caesalpinia ferrea* C. Mart. al sembrarlas después de combinar en diferentes sustratos y grados de temperatura, superando el porcentaje de germinación de esta investigación. Mientras que las semillas de *Cassia angustifolia* Vahl. requirieron de tratamiento previo con inmersión en ácido sulfúrico para poder superar el 30% de germinación (Mishra y Bohra, 2016), porcentaje similar al obtenido con *P. pterocarpum*.

La efectividad de la inmersión en agua caliente fue comprobada al someter 51 especies del género *Acacia* sp. favoreciendo la germinación (Burrows et al., 2018). Semillas de *Vigna luteola* (Jacq.) Benth. Mart., *V. vexillata* (L.) A. Rich., *V. wightii* (Bedd.) Babu y S.K. Sharma, *V. pilosa* (Klein ex. Willd.) Baker, *V. parkeri* Baker, *V. reticulata* Hook. f., *V. dalzelliana* (Kuntze) Verdc., *V. hainiana* Babu, Gopinath y S.K.Sharma, *V. trinervia* var. *Bourneae* Gamble, *V. radiata* var. *Sublobata* (Roxburgh) Verdc., *V. radiata* var. *setulosa* (Dalzell) Ohwi y Ohashi, *V. membranacea* A. Rich., *V. stipulacea* (Lam.) Kuntze y *V. racemosa* (G Don) Hutch. & Dalziel. fueron escarificadas mecánicamente a través de la inmersión en agua caliente a 50 °C durante 15, 25 y 30 min y a 80 °C durante 15 y 30 min, y en 11 de estas especies el porcentaje de germinación aumentó entre 73% y 100%, debido a la disminución de la impermeabilidad de la cubierta seminal (Singh et al., 2020).

En el mismo orden de ideas, se estimó el porcentaje de germinación de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit, *Sesbania sesban* (L.) Merr. y *Cajanus cajan* (L.) Huth luego de someter las semillas a inmersión en agua caliente y a escarificación manual, obteniendo valores de 32%, 42% y 52,7% respectivamente (Ogedegbe et al., 2014). El contenido de nutrientes en el sustrato puede sustituir el uso de tratamientos pregerminativos, tal y como fue comprobado por Nzekwe et al. (2016) al estudiar estas variables en *Azalia africana* Pers. y obtener el porcentaje de germinación por encima del 80%.



Los resultados de *P. pterocarpum* permiten inferir que, al igual que en otras semillas de especies arbóreas, esta posee dormancia física impuesta por la cubierta seminal, la cual restringe la fase de imbibición, limitando así la germinación. Esta afirmación ha sido demostrada por otras investigaciones (Muñoz et al., 2009; Villarreal-Garza et al., 2013).

### Morfología de la semilla

El fruto de *P. pterocarpum* es una legumbre aplanada de tipo indehisciente y contiene de dos a tres semillas, cada una ocupa un lóculo individual (**Figura 3A**). De acuerdo con la **Tabla 1** donde se observan las dimensiones de las semillas se afirma que la semilla de *P. pterocarpum* es ortodoxa ya que su dimensión es menor a 17 mm, por lo tanto, se considera tolerante a la desecación, lo cual condiciona indirectamente a la germinación, según la clasificación propuesta por Daws et al. (2005).

**Tabla 1.** Longitud polar, longitud ecuatorial, espesor, peso de 100 semillas y porcentaje de humedad de la semilla de San Francisco (*Peltophorum pterocarpum*).

Variable	Promedio	Min	Max	CV
Longitud polar (mm)	10,09±0,30	8,70	11,58	6,03
Longitud ecuatorial (mm)	3,76±0,18	3,03	4,73	9,67
Espesor (mm)	1,88±0,08	1,09	3,39	9,13
Peso de 100 semillas (g)	5,85±0,22	4,65	6,36	15,50
Humedad (%)	10,58±0,06	10,88	13,17	12,13

Min: valor mínimo expresado en la unidad correspondiente a cada variable. Max: valor máximo expresado en la unidad correspondiente a cada variable. CV: coeficiente de variación.

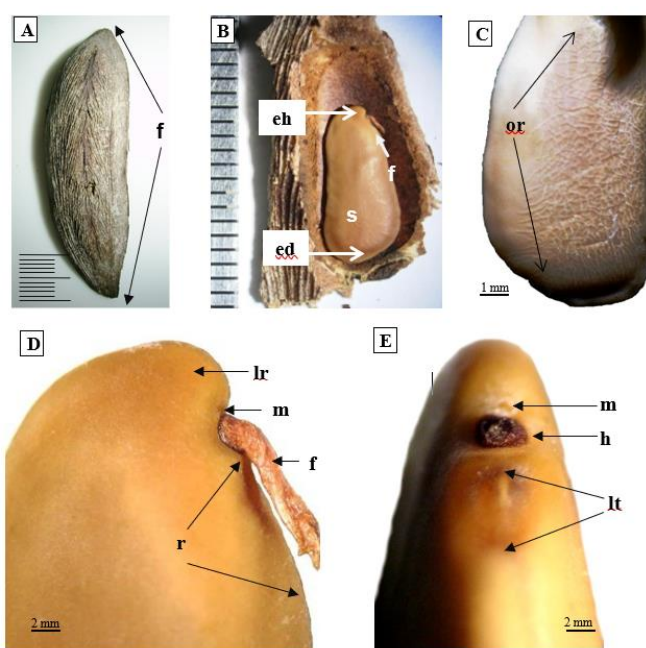
Los caracteres taxonómicos se encuentran en el extremo hilar, mientras que la zona más aplanada corresponde al extremo distal (**Figura 3B**). Según el color de la cubierta seminal, es monocromática y varió entre 2,5Y/8/6 y 7,5YR/5/4, opaca, sin brillo, glabra, con ornamentaciones o fisuras hacia el extremo proximal y ausentes en el extremo hilar (**Figura 3C**).

Se distingue el lóbulo de la radícula como una prominencia curvada que sobresale, el cual oculta parcialmente el micrópilo que se encuentra debajo, es de tipo pequeño y puntiforme. El funículo permanece adherido a la semilla, ocultando así el hilo (**Figura 3D**).

Se comprobó la presencia del lente o estrofiolo, el cual es un carácter taxonómico de la Caesalpinioideae, cuya ubicación es entre el hilo y el rafe. Se describe como discernible, diferenciable, de contorno redondeado, elevado y definido como una protuberancia (**Figura 3E**). En cuanto a su importancia, Koizumi y Kano (2014) afirmaron a través de un estudio en semillas de *Vicia faba* cv. Minpo que el lente es la entrada natural del agua en las semillas secas de las Fabaceae, independientemente de la inactividad física o estado de dormancia. Asimismo, Karaki et al. (2011)

sugirieron que la apertura de lente es importante para la absorción de agua hacia el embrión y posterior germinación en semillas de *Robinia pseudoacacia* L. en condiciones naturales. Al evaluar el efecto de los tratamientos pregerminativos sobre el lente se comprobó que la inmersión en agua a 90 °C durante un minuto causa el desprendimiento del mismo al estudiar 51 especies de *Acacia* sp., lo que ocasiona el ingreso del agua al interior de la semilla y se sugirió evaluar esta estructura antes y después de aplicar algún tratamiento térmico en ellas (Burrows et al., 2018).

Lo observado coincide con lo descrito por Kirkbride et al. (2003) al estudiar semillas de *Mucuna* sp.; *Cannavalia* sp.; *Erythrina* sp., sin embargo, en *P. pterocarpum* se descarta la presencia de pleurograma como ocurre en muchas semillas de Fabaceae.



**Figura 3.** Aspectos morfológicos de la semilla de *Peltophorum pterocarpum*: A) Características del fruto (f) al momento de la colecta. B) Disposición de la semilla (s) en el lóculo (l), funículo (f), indicando el extremo hilar (eh) y el extremo distal (ed). C) Ornamentaciones (or) en la superficie de la cubierta seminal. D) Vista dorsal de la semilla mostrando el funículo (f) y la cicatriz denominada rafe (r). E) Vista ventral en la que se distinguen el micrópilo (m), el hilo (h) y lente (lt). A y B) Cada división equivale a 1 mm.

El embrión es recto, axilar, con el eje embrional formado por una radícula de forma cónica, anfitropa y dos cotiledones simples, opuestos, elípticos, carnosos, con las láminas cotiledonares plegadas y con una coloración 5Y/8/10 (**Figura 2A**).

Esta descripción coincide con lo reportado por Romero-Saritama et al. (2016) quienes señalaron que los cotiledones gruesos podrían cumplir con la función de almacenamiento de las reservas alimenticias que posteriormente serán utilizadas durante la germinación, permitiéndole a las semillas mejorar su velocidad de germinación. Según la descripción morfológica del embrión podemos señalar que la relación del tamaño del embrión de *P. pterocarpum* con respecto al tamaño total de la semilla

es baja, rasgo distintivo de las especies de plantas que están adaptadas a hábitats secos. Coincidiendo con la afirmación de Vandeloos et al. (2012) y esta condición del embrión lo admite en la categoría de aquellos que cuentan con un mayor desarrollo evolutivo cuando se compara con otros embriones vegetales (Forbis et al., 2002).

### **Anatomía de la semilla**

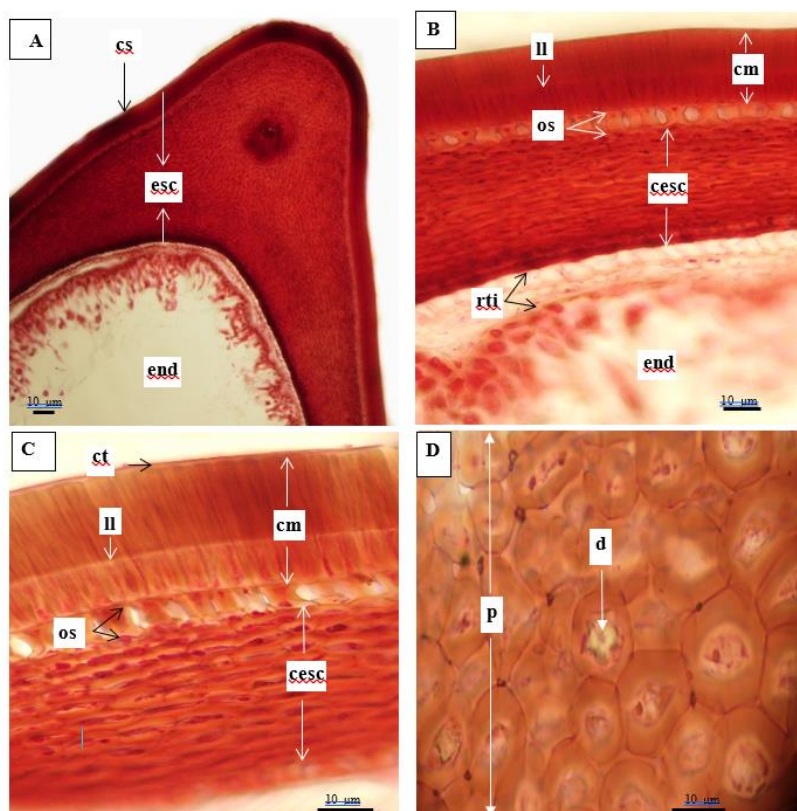
En la **Figura 4A** se observa parte de una sección transversal de la semilla en la cual se aprecia la cubierta seminal, el tejido esclerenquimático y endosperma. La cutícula es la capa más externa que protege a la semilla y se caracteriza por ser delgada, de superficie lisa e ininterrumpida.

Hacia el interior de la cubierta seminal de *P. pterocarpum* se observaron dos capas de macroesclereidas o células de Malpighi, conformando la exotesta de la semilla (**Figura 4C**). Estas células presentaron un patrón de alargamiento radial y ambas capas son separadas por la presencia de una línea lúcida (**Figura 4B, 4C**). Según Smýkal et al. (2014) este parámetro anatómico se encuentra presente en semillas de cubiertas impermeables y su distinción depende de los índices de refracción y grado de tinción atribuida a la modificación en la deposición de los polisacáridos y a la impregnación de la región de la pared celular.

Internamente a las dos capas de macroescleridas se localizan de 15 a 20 células de esclerénquima. Se observaron las osteoescleridas cuadradas y con el lumen en forma de reloj de arena (**Figura 4B, 4C**). Seguidamente se observó una capa continua como remanente del tegumento interno del óvulo y posteriormente se ubicó el endosperma, el cual contenía abundantes cristales en forma de drusas en algunas células del tejido parenquimático (**Figura 4D**).

En función a la presencia de las sustancias de reserva, la semilla se consideró como endospermica o albuminosa, debido a que dichas sustancias se acumulaban en el parénquima (Castillo y Guenni, 2001; Van Dongen et al., 2003).

De la misma manera que otras semillas de las Fabaceae han sido consideradas por poseer cubiertas complejas debido a la presencia de varias capas que la conforman (Karakish et al., 2013), lo observado al describir las semillas de *P. pterocarpum* coincidió con tal afirmación. Asimismo, en semillas grandes es común que ambos tegumentos del óvulo participen en su formación, los cuales influyen directamente en la regulación de la imbibición como una barrera impermeable temporal presente en la familia Fabaceae (Souza y Marcos-Filho, 2001).



**Figura 4.** Aspectos anatómicos de la semilla de *Peltophorum pterocarpum*: A) Sección transversal de una parte de la semilla donde se visualiza la cubierta seminal (cs), tejido esclerenquimático (esc) y endosperma (end). B) Detalles de la exotesta donde se destaca la distribución de las capas de la cubierta seminal donde se observan detalles de las dos capas de células de Malpighi (cm), separadas por la línea lúcida (ll), la capa de osteoesclereidas (os), las células del esclerénquima (cesc), remanente del tegumento interno (rti) y el endosperma (end). C) Presencia de la capa de cutícula (ct), diferenciación de las dos capas de células de Malpighi (cm), presencia de la línea lúcida (ll), capa de osteoesclereidas (os), células del esclerénquima (cesc). D) Presencia de drusas (d) en algunas células del tejido parenquimático (p).

En el mismo orden de ideas, Janská et al. (2019) afirmaron que la capa de macroesclereidas ubicada sobre la línea lúcida representa una barrera para la absorción de agua en semillas con dormancia y es la interfaz de dos entornos diferentes y definidas como una capa subcuticular cerosa y una pared celular rica en celulosa. Además, que la capa cerosa de esta línea se forma al mismo tiempo que las paredes celulares secundarias de la mencionada capa de macroesclereidas.

Lo observado en *P. pterocarpum* se asemeja a lo señalado por Molizane et al. (2018) quienes estudiaron la anatomía de *Erythrina speciosa* Andrews y coincidiendo con la presencia de la línea lúcida y células en empalizada formando parte de la cubierta seminal. Concluyendo que las semillas que poseen dormancia poseen esta línea densa y las células en empalizada más grandes son las que confieren un mecanismo de dormancia.

De Souza et al. (2012) afirmaron que la cubierta de *Shizolobium parahyba* (Vell.) S.F. Blake consistió en una capa de células paralelas, alargadas ubicadas una al lado de la otra, sin espacios intercelulares

entre ellas, con paredes celulares delgadas, con presencia de línea lúcida y tejido esclerenquimático. Coincidiendo con lo observado en *P. pterocarpum*, ambas especies clasificadas como Caesalpinioideae, subfamilia de las leguminosas.

Por otra parte, para comprender la relación de la estructura anatómica con el posterior uso de la semilla como unidad de propagación de la especie, habría que considerar que según Mai-Hong et al., (2003) señalaron que a medida que el porcentaje de humedad disminuye por debajo del 15%, la dureza de la cubierta seminal aumenta significativamente, incrementando la tolerancia a la desecación, lo que implicaría que en semillas sobremaduras es necesaria la aplicación de tratamientos pregerminativos para promover la germinación. Marino y Viera (2000) señalaron que la presencia de la capa de Malpighi y las osteoesclereidas constituyen un tejido protector muy importante por el efecto mecánico y la impermeabilidad relativa que tienen las semillas, el engrosamiento de las paredes de las células de Malpighi en puntos o discontinuos hace que la semilla no se hidrate o tarde en hacerlo.

La distribución uniforme de los espacios intercelulares de las osteoesclereidas en la sección de la cubierta seminal de *P. pterocarpum* afecta el proceso de germinación. En relación a ello, Padmavati et al. (2017) afirmaron que esta disposición de las osteoesclereidas es indicadora de la dureza en las semillas, coincidiendo con lo afirmado por Geneve et al. (2018) quienes señalaron que la dormancia física es causada por las células impermeables de la cubierta seminal que se encuentran dispuestas en empalizadas, tal y como se observó en esta investigación.

## 2. CONCLUSIONES

- 1.- Al estudiar la anatomía de la cubierta seminal de *Peltophorum pterocarpum* se afirma que el bajo porcentaje de germinación es consecuencia de la disposición y forma de los tejidos esclerenquimáticos que conforman la cubierta seminal y, por ende, es la causa principal de la dormancia física, ya que le confieren dureza e impermeabilidad a la semilla.
- 2.- La emergencia es fanerocotilar y la fórmula diagnóstica obtenida sintetiza la descripción de la fase de plántula.
- 3.- Las características morfoanatómicas de la semilla proporcionan las estrategias para que la especie pueda propagarse a través del tiempo y el espacio regulado debido a la presencia de la dormancia física.
- 4.- Para ser más efectivos y facilitar los procedimientos a seguir por viveristas y productores durante la propagación sexual de la especie, se requiere evaluar tratamientos pregerminativos a diferentes



estados de madurez del fruto y su relación al contenido de humedad de la semilla al momento de la colecta.

### 3. AGRADECIMIENTOS

Al CDCHT- UCLA por financiar la ejecución de la investigación, a través del proyecto 020-AG-2013

### 4. REFERENCIAS

- Atencio, L., Colmenares, R., Ramírez-Villalobos, M. & Marcano, D. (2003). Tratamientos pregerminativos en acacia San Francisco (*Peltophorum pterocarpum*) Fabaceae. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 20(1), 63-71. [www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0378-78182003000100007](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-78182003000100007)
- Bewley, J. D. (1997). Seed germination and dormancy. *The Plant Cell* 9(7), 1055-1066. <https://doi.org/10.1105/tpc.9.7.1055>
- Burrows, G. E., Alden, R. & Robinson, W. A. (2018). The lens in focus – lens structure in seeds of 51 Australian *Acacia* species and its implications for imbibition and germination. *Australian Journal of Botany*, 66(5), 398-413. <https://doi.org/10.1071/BT17239>
- Castillo, R. & Guenni, O. (2001). Latencia en semillas de *Stylosanthes hamata* (Leguminosae) y su relación con la morfología de la cubierta seminal. *Revista de Biología Tropical*, 49(1), 287-299. [https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-77442001000100027&lng=en&tlng=es](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442001000100027&lng=en&tlng=es)
- Chaichanasuwat, O., Wang, B. & Wasuwanich, P. (1989). Evaluating seed quality of *Peltophorum pterocarpum* by X-radiography and germination. *ACIAR Proceedings series*, 28, 68-71. <https://ageconsearch.umn.edu/record/134383/files/PR028.pdf#page=67>
- Daws, M. I., Garwood, N. C. & Pritchard, H. W. (2005). Traits of recalcitrant seeds in a semi-deciduous tropical forest in Panamá: some ecological implications. *Functional Ecology*, 19, 874-885. [https://repository.si.edu/bitstream/handle/10088/3844/Daws\\_Garwood\\_and\\_Pritchard\\_2005.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.si.edu/bitstream/handle/10088/3844/Daws_Garwood_and_Pritchard_2005.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- De Souza, T. V., Heining, C., Santos, M. & Silveira, M. T. (2012). Water absorption and dormancy-breaking requirements of physically dormant seeds of *Schizolobium parahyba* (Fabaceae-Caesalpinioideae). *Seed Science Research*, 22, 169-176. <https://doi.org/10.1017/S0960258512000013>
- Dübbern de Souza, F. & Marcos-Filho, J. (2001). The seed coat as a modulator of seed-environment relationships in Fabaceae. *Revista Brasileira de Botânica*, 24(4), 365-375. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042001000400002>
- Elspeeth, H., Gwilym, L. & Hawkins, J. (2005). A phylogenetic reappraisal of the *Peltophorum* group (Caesalpinieae: Leguminosae) based on the chloroplast TRNL-F, RBCL y RP S16 sequence data. *American Journal of Botany*, 92(8), 1359-1371. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21646156FFruitsSeeds%2FFS1-00Front.pdf>
- Forbis, T. A., Floyd, S. K. & de Queiroz, A. (2002). The evolution on embryo size in angiosperms and other seed plants: implications for the evolution of seed dormancy. *Evolution*, 56(11), 2112-2125.
- Furatani, S., Zandstro, B. & Price, H. (1985). Low temperature germination of celery seeds for fluid drilling. *Journal of American Society of Horticultural Science*, 100, 153-156.
- García, M., Jáuregui, D. & Medina, E. (2008). Adaptaciones anatómicas foliares en especies de Angiospermas que crecen en la zona costera del estado Falcón, Venezuela. *Acta Botánica Venezuelica*, 31(1), 291-313. [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0084-59062008000100010&lng=es&tlng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0084-59062008000100010&lng=es&tlng=es)
- Geneve, R. L., Baskin, C. C., Baskin, J. M., Jayasuriya, K. M. G. C., Gama-Arachchige, N. S. (2018). Functional morpho-anatomy of water-gap complexes in physically dormant seed. *Seed Science Research*, 28(3), 186-191. <http://dx.doi.org/10.1017/S0960258518000089>
- Haston, E. H., Lewis, G. & Hawkins, J. (2005). A phylogenetic reappraisal of the *Peltophorum* group (Caesalpinieae: Leguminosae) based on the chloroplast TRNL-F, RBCL y RP S16 sequence data. *American Journal of Botany*, 92(8), 1359-1371. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21646156FFruitsSeeds%2FFS1-00Front.pdf>
- Hoyos, J. (2009). Guía de Árboles Comunes de Venezuela: Autóctonos y Exóticos. Sociedad de Ciencias Naturales La Salle, Monografía N° 32, Caracas, Venezuela. 432 pp.

- Janská, A., Pecková, E., Szczepaniak, B., Smýkal, P. & Soukup, A. (2019). The role of the testa during the establishment of physical dormancy in the pea seed. *Annals of Botany*, 123(5), 815-829. <https://doi.org/10.1093/aob/mcy213>
- Karaki, T., Watanabe, Y., Kondo, T. & Koike, T. (2012). Strophiole of seeds of the black locust acts as a water gap. *Plant Species Biology*, 27(3), 226-232. <https://doi.org/10.1111/j.1442-1984.2011.00343.x>
- Karakish, E. A., Moawed, M. M. & Tantawy, M. E. (2013). Seed morphology and protein patterns (SDS-PAGE) as a mean in classification of some taxa of the subfamily mimosoideae (Fabaceae). *Annual Review and Research in Biology*, 3(4), 367-388. <http://journalarab.com/index.php/ARRB/article/download/24724/46234>
- Kirkbride, J. H., Gunn, C. R. & Weitzman, A. L. (2003). Fruits and Seeds of Genera in the Subfamily Faboideae (Fabaceae). U. S. Department of Agriculture, Technical Bulletin No. 1890, 1212 pp. <https://docs.google.com/viewer?url=https%3A%2F%2Fwww.ars.usda.gov%2Fis%2Fnp%2>
- Koizumi, M. & Kano, H. (2014). Lens: Water channel for dry broad bean seeds at germination observed by micro-magnetic resonance imaging. *American Journal of Biology and Life Sciences*, 2(2), 37-40. <http://www.openscienceonline.com/author/download?paperId=391&stateId=8000&fileType=3>
- Lindo-Angulo, T., La Torre-Acuy, M. I. & Luján-Roca, D.A. (2017). Efecto de la temperatura y el ácido giberélico en la germinación de semillas de *caesalpinia spinosa* (tara). *The Biologist*, 15(1), 59-64. <http://dx.doi.org/10.24039/rb2017151143>
- Mai-Hong, T., Hong, T. D., Hien, N. T. & Ellis, R. H. (2003). Onset of germinability, desiccation tolerance and hardseededness in developing seeds of *Peltophorum pterocarpum* (DC) K. Heyne (Caesalpinioideae). *Seed Science Research*, 13(4), 323-327. <https://doi.org/10.1079/SSR2003149>
- Mariño, S. N. M. & Viera, J. (2000). Caracterización anatómica de la cubierta seminal de *Canavalia ensiformis* cv. Tovar en diferentes periodos de imbibición. *Ernstia*, 10(4), 166-180.
- Melo, L. D., Melo Junior, J. L. A., Magalhães, I. D., Medeiros, A. S., Maia Júnior, S. O., Cordeiro Junior, J. J. F. & da Silva, A. C. (2017). Temperature and substrate effects on the germination of *Caesalpinia ferrea* Mart. *Ex Tul. African Journal of Agricultural Research*, 12(47), 3348-3354. <https://doi.org/10.5897/AJAR2017.12748>
- Mishra, D. K. & Bohra, N. K. (2016). Effects of seed pre-treatment and time of sowing on germination and biomass of *Cassia angustifolia* Vahl. in arid regions. *Annals of Arid Zone*, 55(1-2), 29-34.
- Molizane, D. M., Julio, P. G. D. S., Carmello-Guerreiro, S. M. & Barbedo, C. J. (2018). Physical, physiological and anatomical changes in *Erythrina speciosa* Andrews seeds from different seasons related to the dormancy degree. *Journal of Seed Science*, 40(3), 331-341. <https://dx.doi.org/10.1590/2317-1545v40n3199428>
- Mousavi, S. R., Rezaei, M., & Mousavi, A. (2011). A general overview on seed dormancy and methods of breaking it. *Advances in Environmental Biology*, 5(10): 3333-3337. <http://www.aensiweb.com/old/aeb/2011/3333-3337.pdf>
- Munsell Color. (1977). *Munsell Color Charts for Plant Tissues*. 2nd edition, revised. Munsell Color, Macbeth Division of Kollmorgen Corporation, 2441 North Calvert Street, Baltimore, MD 21218, EE.UU.
- Muñoz, B. C., Sánchez, J. A., Montejó, L. A., González, Y. & Reino, J. (2009). Valoración germinativa de 20 accesiones de leguminosas almacenadas en condiciones desfavorables. *Pastos y Forrajes*, 32(3), 1-15. <http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v32n3/pyf05309.pdf>
- Nzekwe, U., Ajuziogu, G. C., Njoku, E. U., Okafor, G. I., Sani, M. B., Onyeke, C. C., Onyeonagu, C. C., Ohaneje, A. A. & Eze, C. S. (2016). Nutritional food content of seed and effects of five different growing media on the seed germination and seedling growth of *Azalia africana* SM Caesalpinioideae. *African Journal of Biotechnology*, 15(11), 384-391. <https://doi.org/10.5897/AJB2015.14418>
- Ogedegbe, S. A., Law-Ogbomo, K. E. & Falodun, E. J. (2014). Effects of pre-sowing treatments on the emergence of three browse legume species. *African Journal of Natural Sciences*, 17, 61-70. <http://www.ajns.org.ng/ojs/index.php/AJNS/article/download/63/62>
- Oliveira, D. M. (1999). Morphology of seedlings and saplings of 30 tree species of Leguminosae. *Acta Botânica Brasilica*, 13(3), 263-269. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33061999000300006>
- Padmavati G., Gupta, V. & Koul, A. K. (2017). Pre-germination treatments to overcome seed dormancy. *Biotech Articles*. <https://www.biotecharticles.com/Agriculture-Article/Pre-Germination-Treatments-to-Overcome-Seed-Dormancy-4248.html>
- Penfield, S. & MacGregor, D. R. (2017). Effects of environmental variation during seed production on seed dormancy and germination. *Journal of Experimental Botany*, 68(4), 819-825. <https://doi.org/10.1093/jxb/erw436>
- Ricardi, M. (1999). Morfología de plántulas de árboles de un bosque montano bajo. *Plántula*, 2(1-2), 1-72. [http://journaldatabase.info/articles/morfologia\\_plantulas\\_arboles\\_un\\_bosque.html](http://journaldatabase.info/articles/morfologia_plantulas_arboles_un_bosque.html)

- Romero-Saritama, J. M., Orellana-Armijos, V. B. & Balseca-Ruiz, M. (2016). Morphology, imbibition and germination of *Caesalpinia glabrata* Kunth (Fabaceae) seeds distributed in a tropical dry forest. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, 15(2), 89-101. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=455549598001>
- Shafiq, M. & Iqbal, M. (2007). Germination and seedling behaviours of seeders of *Peltophorum pterocarpum* D.C Baker ex Heyne growing under motor vehicle emission. *Turkish Journal of Botany*, 31(6), 565-570. <https://journals.tubitak.gov.tr/botany/issues/bot-07-31-6/bot-31-6-7-0601-9.pdf>
- Singh, N., Gore, P. G. & Aravind, J. (2020). Breaking seed coat impermeability to aid conservation and utilization of wild *Vigna* species. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 67(2), 523-529. <https://doi.org/10.1007/s10722-019-00872-9>
- Souza, F. H. D & Marcos-Filho, J. (2001). The seed coat as a modulator of seed-environment relationships in Fabaceae. *Revista Brasileira de Botânica*, 24(4), 365-375. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042001000400002>
- Smýkal, P., Vernoud, V., Blair, M. W., Soukup, A. & Thompson, R. D. (2014). The role of the testa during development and in establishment of dormancy of the legume seed. *Frontier in Plant Science*, 5, 351. <https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00351>
- Van Dongen, J. T., Ammerlaan, A. M. H., Wouterlood, M., Van Aelst, A. C. & Borstlap, A. (2003). Structure of the developing pea seed coat and the post-phloem transport pathway of nutrients. *Annals of Botany*, 91(6), 729-737. <https://doi.org/10.1093/aob/mcg066>
- Vandelook, F., Verdú, M. & Honnay, O. (2012). The role of seed traits in determining the phylogenetic structure of temperate plant communities. *Annals of Botany*, 110(3), 629-636. <https://doi.org/10.1093/aob/mcs121>
- Villarreal-Garza, J. A., Rocha Estrada, A., Cárdenas-Ávila, M. L., Moreno Limón, S., González Álvarez, M. & Vargas López, V. (2013). Caracterización morfométrica, viabilidad y germinación de semillas de Mezquite y Huizache en el noreste de México. *Phyton*, 82(2), 169-174. <http://revistaphyton.fundromuloraggio.org.ar/vol82/VILLARREAL.pdf>
- Werker, E. (1997). Seed anatomy. *Encyclopedia of plant anatomy X*, part 3. Gebrüder Borntraeger, Berlin, 424 p. [https://www.schweizerbart.de/publications/detail/isbn/9783443140243/Seed\\_Anatomy](https://www.schweizerbart.de/publications/detail/isbn/9783443140243/Seed_Anatomy)