



EL EFECTO DE LA TEMPERATURA DE CONSERVACIÓN SOBRE LA VIABILIDAD DE LAS SEMILLAS DEL PIJÍO *CAVANILLESIA* *PLATANIFOLIA*

EFFECT OF CONSERVATION TEMPERATURE ON *CAVANILLESIA* *PLATANIFOLIA* SEED VIABILITY

Ricardo Villalba-Briones^{*1} , Edwin Rolando Jiménez¹ , Allison Rezabala²  y
Martin Aguirrebengoa³ 

¹Escuela Superior Politécnica del Litoral, ESPOL, Facultad Ciencias de la Vida, Campus Gustavo Galindo Km. 30.5 Vía Perimetral, P.O. Box 09-01-5863, Guayaquil, Ecuador.

²Consultora Independiente.

³Universidad de Granada, Departamento de Zoología, Avenida de Fuente Nueva s/n, Granada, España.

*Autor para correspondencia: rvillalba@espol.edu.ec

Manuscrito recibido el 6 de abril de 2021. Aceptado, tras revisión el 7 de marzo de 2022.

Resumen

Cavanillesia platanifolia es una especie de árbol distribuido en el ecosistema de bosque seco tropical que se encuentra amenazado por la fragmentación y pérdida de su hábitat. La reforestación es una actividad a considerar para su conservación, y para ello es clave optimizar la producción de individuos jóvenes *ex situ*. En el presente estudio comparamos la capacidad de reclutamiento en vivero de dos tratamientos de conservación de las semillas: conservación en frío vs. conservación a temperatura ambiente. La tasa de emergencia se incrementó y las plántulas crecieron más vigorosas en las semillas conservadas en frío. Además, mediante la conservación en frío de las semillas se redujo notablemente la mortalidad de las plántulas, lo cual creemos que es debido a una ralentización del envejecimiento de las semillas y a la disminución de la actividad patogénica. Esta fácilmente replicable y económica metodología de reproducción en vivero puede ser incorporada a los potenciales planes de reforestación de *C. platanifolia*, así como a otras especies vegetales amenazadas del neotrópico con semillas de similares características.

Palabras clave: Bosque seco tropical, conservación de semillas, Chocó-Darién, germinación de semillas, Malvaceae-Bombacaceae.

Abstract

Cavanillesia platanifolia is a tree species distributed in the tropical dry forest ecosystem threatened by the fragmentation and loss of its habitat. Reforestation is thus to be considered for its conservation. The *ex situ* production of young individuals is key for any reforestation plan. In this study, we compare the recruitment capacity in nursery of two seed conservation treatments: cold conservation *vs.* conservation at ambient temperature. The emergency rate increased and the seedlings grew more vigorous in cold-preserved seeds. In addition, seedling mortality was significantly reduced in cold-preserved seeds, which we believe is due to a slowdown in seed ageing and a decrease in pathogenic activity. This easily replicable and economic nursery cultivation methodology can be incorporated into the potential reforestation plans of *C. platanifolia*, as well as to other threatened plant species of the neotropic with seeds of similar characteristics.

Keywords: Tropical dry forest, seed conservation, Chocó-Darién, seedling recruitment, Malvaceae-Bombacaceae.

Forma sugerida de citar: Villalba-Briones, R., Jiménez, E. R., Rezabala, A. y Aguirrebengoa, M. (2024). El efecto de la temperatura de conservación sobre la viabilidad de las semillas del pijío *Cavanillesia platanifolia*. *La Granja: Revista de Ciencias de la Vida*. [Acceso Temprano] <http://doi.org/10.17163/lgr.n40.2024.04>.

IDs Orcid:

Ricardo Villalba Briones: <http://orcid.org/0000-0002-5577-1705>

Edwin Rolando Jiménez: <http://orcid.org/0000-0001-7930-108>

Allison Rezabala Litardo: <http://orcid.org/0000-0002-4621-9695>

Martin Aguirrebengoa Barreña: <http://orcid.org/0000-0002-2019-790X>

1 Introducción

El bosque seco neotropical destaca por su extensión, biodiversidad y servicios ecosistémicos (Calvo-Rodríguez y col., 2017; Hubbell, 1979). Estos bosques han sufrido un alto impacto antropogénico en las últimas décadas (Aguirre y col., 2017). Particularmente en Ecuador, país del neotrópico con más especies vegetales catalogadas al menos como vulnerables (IUCN, 2019), se estima que al menos el 50% de la extensión de bosque seco ha desaparecido en las últimas décadas por la intervención humana (Aguirre, Kvist y Sánchez, 2005), principalmente debido a la deforestación y transformación del suelo a terreno agrícola y ganadero (Madriñán, 2014; Aguirre y col., 2017; Aguirre y Kvist, 2009). El impacto al que están sujetos estos bosques contrasta con que son de los ecosistemas menos estudiados en las diversas escalas ecológicas (Aguirre y col., 2017). Para identificar, establecer y mantener acciones para la restauración y conservación es por tanto necesario ampliar el conocimiento biológico de al menos las especies vegetales más relevantes (Aguirre, Kvist y Sánchez, 2006).

Una de las especies más relevantes del bosque seco de Ecuador es *Cavanillesia platanifolia* (Humb. y Bonpl.) Kunth (Aguirre y col., 2017; Espinosa y col., 2011), especie conocida comúnmente en América Central y del Sur como mocundo de Cartagena, bongo/a, macondo, cuipo, güipo, hameli, hamelí, pretino, pigio o pijío. Su distribución se ciñe principalmente a los bosques secos tropicales del corredor Chocó-Darién, desde Panamá hasta el norte de Perú, aunque está también presente en bosques húmedos.

Este árbol de la familia de las Malváceas-Bombacáceas puede superar los 40 metros de altura (Figura 1A), y destaca en Ecuador su rol como generador de hábitat, entre otros para la anidación del papagayo de Guayaquil *Ara ambigua guayaquilensis* (López-Lanús y Socola, 2000), y el aporte nutricional de su semilla, la cual es comestible y recurso de la fauna local (Adler, 1995; Madriñán, 2014). También cabe resaltar su trascendencia a nivel paisajístico y estructural (Aguirre, 2012). Es usada como recurso maderero por las comunidades locales en diversos países como Panamá (Correa, Galdames y De Stapf, 2004), pero no hay constancia de ello en Ecuador (Madriñán, 2014). La especie ha sido de-

clarada como amenazada globalmente en América Central (IUCN, 2019). En Colombia, donde ha sido indexada como una de las especies más importantes del bosque seco tropical (Ruiz y Saab, 2020), se considera en peligro (IUCN, 2019). Su distribución potencial en este país puede no estar severamente amenazada por el cambio climático, aunque sí se prevé que pueda diezmar sus poblaciones (Aguirre y col., 2017).

Muchas características son comunes entre las distintas especies del género, como la esciofilia; las plántulas (Figura 1B) y juveniles crecen en lugares donde la radiación solar es escasa (Vieira, Scariot y Holl, 2007; Montalvo, Rommel y Cevallos, 2013). Por lo general, estas especies se caracterizan por su baja densidad (Vieira y Scariot, 2006b; Vieira y col., 2008; Melo-Júnior y col., 2015), rápido crecimiento (Condit, Hubbell y Foster, 1993), y su tolerancia a la sequía durante la estación seca (Wolfe, 2017). En septiembre-octubre producen sus frutos grandes y carnosos, que contienen una semilla anémócora con cáscara externa que contiene blando mucílago (Vieira y Scariot, 2006b). Los rasgos de las semillas se han estudiado sobre todo en *C. arborea*. Las semillas de esta especie rondan los 8g de peso fresco, mientras que el peso seco es de alrededor de 1g (Vieira y Scariot, 2006b; Romero-Saritama, 2016). Las semillas con el tiempo pierden viabilidad (Walters, Wheeler y Grotenhuis, 2005) y son sensibles a la desecación (Vieira y Scariot, 2006b; Vieira, Scariot y Holl, 2007; Vieira y col., 2008; Lima y col., 2008). Como en gran parte de las especies del bosque tropical seco, la baja humedad mantiene en latencia las semillas, la cual puede interrumpirse durante la estación lluviosa que activa el embrión para su germinación (Debeaujon, Leon-Kloosterziel y Koornneef, 2000).

Cuando se han muestreado los individuos de *C. platanifolia* en los bosques secos de Ecuador para poner en marcha planes de conservación y restauración, el dato más relevante es la baja presencia de plántulas y juveniles, lo cual indica una muy baja tasa de regeneración natural (Villalba-Briones, observación personal). La ausencia de individuos jóvenes de *C. platanifolia* no solo ocurre en las proximidades de individuos adultos, lo cual muchas veces se relaciona con una alta mortalidad densodependiente debida a patógenos, depredadores de semillas y/o herbivoría que tiene lugar bajo la copa materna (Alvarez-Loayza y Terborgh, 2011; Comita

y col., 2014; Xu y col., 2015), sino que es constante a lo largo y ancho de los bosques. En otras especies de Malváceas-Bombacáceas del neotrópico como *Pachira quinata* (Jacq.) Alverson también se ha observado bajas tasas de regeneración natural, lo cual se debe a la disminución en la producción de frutos, a una intensa depredación de frutos y a la mortalidad de plántulas debido a patógenos (Castellanos y Stevenson, 2011).

En cuanto a la depredación de semillas, se conoce que en otras especies del género *Cavanillesia*, como *C. arborea* (Willd.) Schum. y *C. chicamocha* Alonso, sus semillas son intensamente depredadas tanto pre-dispersivamente (insectos varios y loros de la familia Psittacidae) como post-dispersivamente (roedores y otros mamíferos), y que la depredación de semillas puede incrementarse notablemen-

te con el silvopastoreo (Vieira y Scariot, 2006a; Vieira, Scariot y Holl, 2007; Díaz-Pérez, Puerto-Hurtado y Fernández-Alonso, 2011; Souza-Silva y col., 2015). Si bien la actividad silvopastoril no es tan intensa en los bosques secos de Ecuador (Aguirre, 2012), la tasa de depredación de semillas, particularmente por roedores, puede haber aumentado por la continua pérdida de mamíferos carnívoros (Catterall, 2018) y por la defaunación de grandes herbívoros debido a la presión que la caza ejerce (Rosin y Poulsen, 2016). De manera más importante, y al igual que se ha observado para *C. arborea* y *C. chicamocha*, otras actividades antrópicas como la fragmentación del bosque y la reconversión del suelo pueden estar disminuyendo la emergencia y el reclutamiento de las semillas de *C. platanifolia* (Vieira y Scariot, 2006b; Vieira, Scariot y Holl, 2007; Melo-Júnior y col., 2015; Souza-Silva y col., 2015).

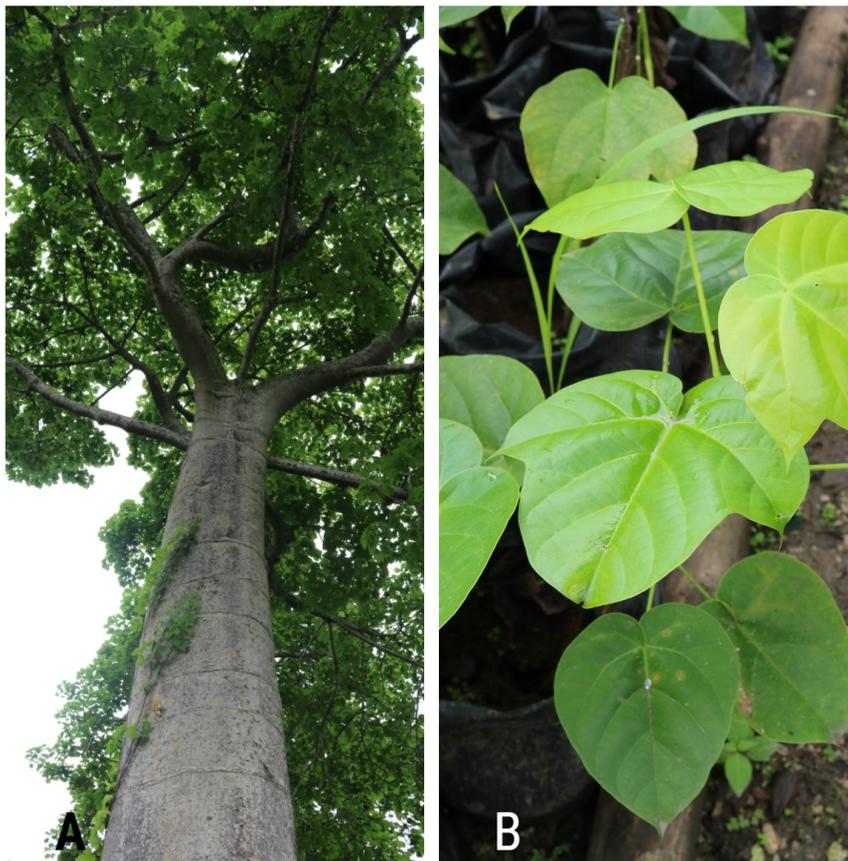


Figura 1. *Cavanillesia platanifolia* (Humb. & Bonpl.) Kunth (A) Ejemplar del punto de muestreo en la provincia del Guayas (Ecuador), con sus característicos anillos transversales en el tronco. (B) Plántula en vivero con sus hojas simples y trilobuladas.

Conocer aspectos básicos de la biología como la viabilidad de la semilla y su capacidad de reclutamiento son en sí mismos objeto de investigación necesarios para la conservación de cualquier especie. En las especies tropicales, las semillas son componentes críticos de la reproducción, y los factores que influyen en su persistencia, supervivencia y emergencia son determinantes para la producción de plántulas y árboles jóvenes en los que se basan los planes de restauración (Vieira y Scariot, 2006a; Sarmiento y col., 2017). Particularmente, es indispensable el éxito en la conservación de la semilla para planificar y desarrollar el cultivo de la especie en vivero como estrategia de conservación *ex situ* (Becerra-Vázquez y col., 2018). En el presente estudio evaluamos la posibilidad de que la conservación en frío de las semillas de *C. platanifolia* pudiera favorecer su emergencia, supervivencia y rendimiento.

2 Materiales y Métodos

2.1 Área de estudio

El bosque seco en Ecuador se encuentra en el flanco occidental de los Andes, en las provincias de Esmeraldas, Manabí, Guayas, El Oro y de Loja (Aguirre y col., 2017). *Cavanillesia platanifolia* suele encontrarse en estos bosques por debajo de los 800

m s.n.m. (Jørgensen y León-Yanes, 1999; Aguirre, Kvist y Sánchez, 2006). Según Espinosa y col. (2011), se distribuye por las provincias de El Oro, Loja, Manabí, Guayas y en el bosque seco tumbesino, así como en la provincia de Esmeraldas (Aguirre y col., 2017).

Para el presente estudio, se recolectaron semillas de *C. platanifolia* en la Hacienda Pabeclar, ubicada en el Bosque Protector Chongón ($2^{\circ} 7' 13.97''S$, $80^{\circ} 4' 57.78.0''$; provincia de Guayas, Figura 2). Esta región, limitante con la cordillera Chongón-Colonche y que es parte del corredor Chocó-Darién de la costa de Ecuador, es objeto prioritario de conservación (Mittermeier y col., 2011). En el área forestal en cuestión la actividad agrícola va en aumento, principalmente debido a la creciente extensión de los cultivos de maíz (Figura 2). La recolección de semillas se realizó en noviembre del 2017, en un área de aproximadamente $6000 m^2$, seleccionando aquellas del suelo que no presentaban ningún signo de depredación (Bonfil-Sanders, Cajero-Lázaro y Evans, 2008; Orantes-García y col., 2013). Dentro del área de recogida se caracterizaron los individuos ($N=6$) de *C. platanifolia*, que en esta zona tenían una circunferencia a la altura del pecho (CAP) a 1.30 m del suelo de 321 cm a 570 cm y una altura de 25 a 37 m, medidas mediante la técnica Range Finder (Wing, Solmie y Kellogg, 2004).

2.2 Metodología de conservación, metodología de vivero, siembra de las semillas, y seguimiento de la emergencia y rendimiento de las plántulas

2.2.1 Ensayo piloto

Se realizó un ensayo piloto en invernadero con 187 semillas (iniciando la hidratación de la semilla el 28 de febrero del 2018), para comprobar la viabilidad de las semillas recolectadas. Previo a la siembra, desde la recolección previamente mencionada, las semillas se almacenaron en un espacio cerrado, en oscuridad y temperatura ambiente ($21,3^{\circ}C - 26,8^{\circ}C$) durante 3 meses. Después, las semillas se sometieron al proceso de escarificación física, y posteriormente se dejaron en remojo durante 48 horas. Según Trujillo (1995), esta hidratación no debe ser inferior a dos horas, pero tampoco superior a las 48 para evitar posibles fermentaciones. Tras la hidratación,

las semillas fueron dispuestas en cuadros de $1 m^2 \times 30$ cm de alto con 2 cm de distancia entre ellas. Debido a la alta mortalidad de las plántulas de *C. platanifolia* a causa de patógenos (Villalba-Briones et al., observación personal), se utilizó un sustrato de arena con alto contenido en sílice, el cual tiene efecto fungicida. Los cuadros se dispusieron en un vivero (invernadero) con malla sarán, la cual reduce la radiación solar en un 80% y favorece la emergencia de las semillas de otras especies del género (Vieira y col., 2008). A partir de entonces, los cuadros se regaron en el vivero 5 días a la semana durante 10 minutos por nebulización. Desde el momento de la siembra, y a lo largo de 1 mes, se midió la tasa de emergencia acumulada, la cual fue de un 89.3%.

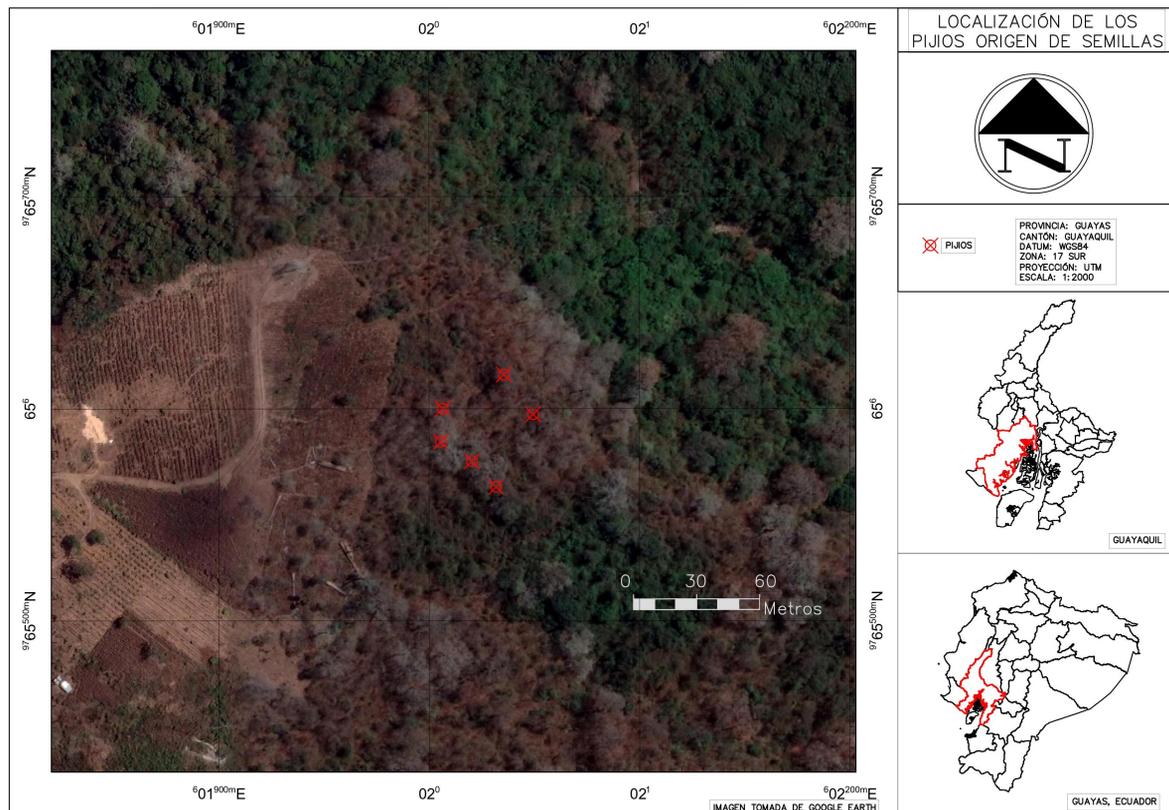


Figura 2. Mapa representando el área de recolección de las semillas de *Cavanillesia platanifolia* en la provincia del Guayas (Ecuador) marcando la localización de los árboles caracterizados. Mapa desarrollado mediante ArcGIS 10.3.

2.2.2 Ensayo de respuesta a condiciones de conservación

Con semillas del mismo origen y fecha de recolección, procedimos con el ensayo experimental, con un tiempo de almacenamiento más prolongado que en el ensayo piloto. Para este ensayo, primero las semillas recolectadas de *C. platanifolia* se almacenaron en seco en un espacio cerrado salvaguardado de los elementos externos ambientales por un total de 3 meses (noviembre del 2017 a febrero del 2018), tras los cuales fueron aleatoriamente asignados a 2 tratamientos con 55 semillas por tratamiento. Para el primer tratamiento, las semillas se mantuvieron almacenadas durante 6 meses más a temperatura ambiente (21,3- 26,8°C) y oscuridad. Para el segundo tratamiento, las semillas se almacenaron en un refrigerador (4,3-7,6 °C) por el mismo tiempo. Mediante el tratamiento de conservación en frío la intención era comprobar si la conservación favorece las semillas manteniendo su viabilidad. Este hecho ha

sido sugerido por varios autores (Becerra-Vázquez y col., 2018; Li y Pritchard, 2009), aunque también se ha observado una alta variabilidad intraespecífica (Posada, Ocampo y Santos, 2014; Trujillo, 1995).

Esta observada variabilidad intraespecífica se debe en gran parte a las características morfológicas y fisiológicas de las semillas, como su contenido hídrico y termotolerancia (Kranner y col., 2010; Sasaki, 2008). Para nuestro ensayo experimental optamos por la conservación en refrigerador por ser económica y fácilmente reproducible, en vista de que la conservación en nitrógeno líquido (-196°C) no incrementa significativamente la emergencia en otras especies como *C. arborea* (Lima y col., 2008). Tras los 6 meses de tratamiento y previo a la siembra, las semillas se sometieron al proceso de escarificación física, y posteriormente se dejaron en remojo durante 24 horas. Tras la hidratación, procedimos a la siembra y cultivo en vivero (invernadero) de igual manera a lo descrito para el ensayo piloto. Al mis-

mo tiempo, la progresión de desarrollo de la semilla fue registrada fotográficamente en un recipiente de vidrio adaptado para la recolección de imágenes (Figura 3). Desde el momento de la siembra, y a lo largo de 1 mes, medimos la tasa de emergencia acumulada y mortalidad de las plántulas emergidas.

A partir de estas variables también estimamos el éxito de reclutamiento (emergencia + supervivencia). A su vez, medimos el crecimiento (altura) de las plántulas a los 14 y a los 25 días de la siembra

(ver ejemplo de plántula en la Figura 4). Durante todo el proceso se midieron los parámetros ambientales de temperatura, humedad relativa y punto de rocío. Las mediciones se realizaron con un termohigrómetro, tomando 3 medidas por cuadro/día para hacer la media diaria. Las medidas fueron homogéneas a lo largo del tiempo, con una variación de 3°C en temperatura ($27,3\text{-}30,3^{\circ}\text{C}$) y de $2,8^{\circ}\text{C}$ en punto de rocío ($21,7\text{-}24,5^{\circ}\text{C}$). En cuanto a la humedad relativa, no osciló más allá del 25% entre las distintas mediciones ($65,1\text{-}85,3\%$).

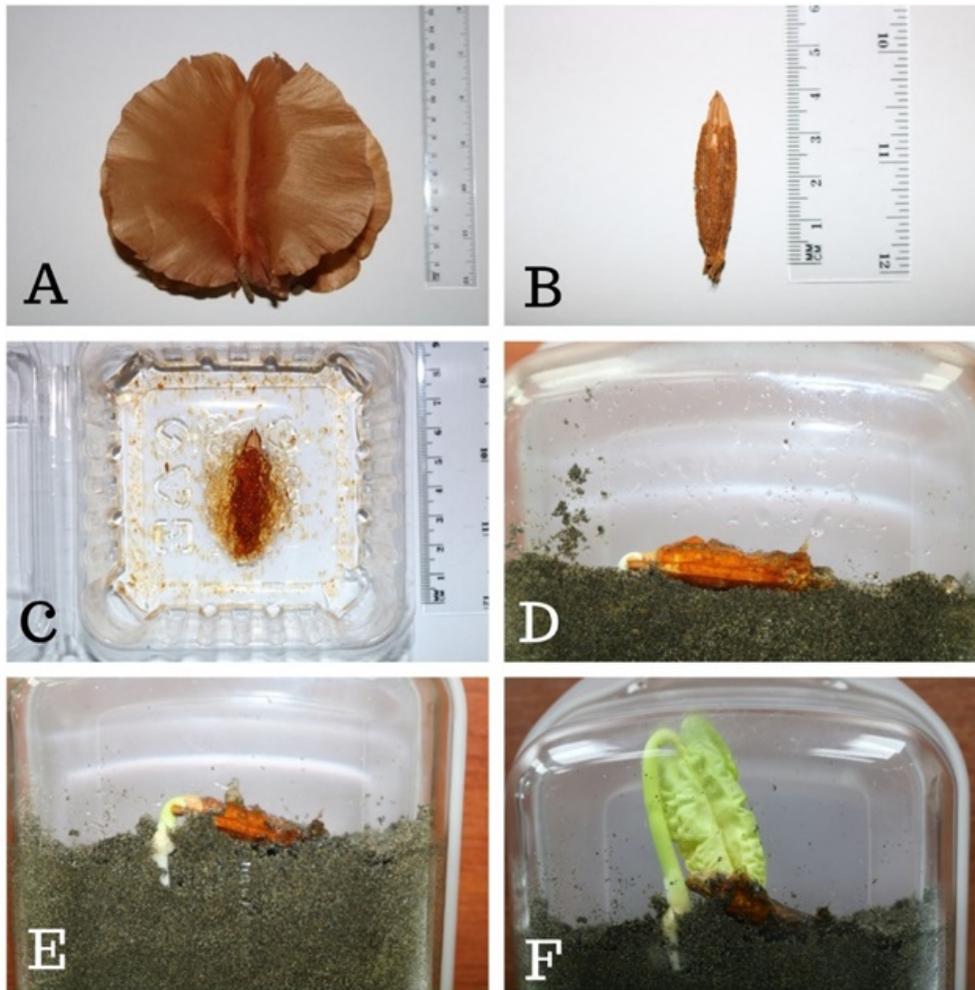


Figura 3. *Cavanillesia platanifolia* (Humb. & Bonpl.) Kunth (A) Semilla recolectada con sus 4 alerones para ser dispersada anemócoramente. (B) Semilla una vez descascarillada. (C) Semilla hidratada a las 24 horas. (D) Posicionamiento en arena de una semilla para su germinación. (E) Semilla germinando a las 48 horas. (F) Emergencia de la plántula.

2.3 Análisis estadístico

Analizamos el efecto de ambos tratamientos (conservación en frío vs. conservación a temperatura ambiente) sobre la emergencia, mortalidad y éxito de reclutamiento de cada semilla con modelos lineales generalizados con distribución binomial. En cuanto al efecto de los tratamientos sobre el crecimiento (altura) de las plántulas en ambas mediciones temporales (a los 14 y a los 25 días de la siembra), evaluamos si se cumplían los parámetros de

normalidad. Los gráficos de Cuantil-Cuantil determinaron que los datos se ajustaban bien a una distribución normal, y el test de normalidad Shapiro-Wilk determinó que no se descartara la hipótesis nula de la asunción de normalidad en ambos casos. Por tanto, la altura de las plántulas pudo ser analizada por medio de un modelo lineal general (ANOVA de un factor). Los análisis se realizaron con el software estadístico R 3.5.2 (R Core Team, 2017), mediante los paquetes nlme (Pinheiro y col., 2011) y lme4 (Bates y col., 2014).



Figura 4. *Cavanillesia platanifolia* (Humb. & Bonpl.) Kunth. Raíz axonomorfa y hojas simples cuneiformes de plántula de cuatro días.

3 Resultados y Discusión

En el ensayo experimental, las semillas conservadas en frío tuvieron una tasa de emergencia 10% mayor que las conservadas a temperatura ambiente ($98,18 \pm 1,81$ vs. $89,09 \pm 4,24\%$, $\chi^2 = 4,20$, $P = 0,040$; Figura 5A) y, además, la tasa de mortalidad con la conservación en frío fue 317% menor una vez emergidas ($16,66 \pm 5,11$ vs. $71,42 \pm 6,52\%$, $\chi^2 = 33,30$, $P < 0,0001$; Figura 5B). La mortalidad estuvo severamente influenciada por infecciones bacterianas y sobre todo fúngicas que afectaron el endospermo y los cotiledones. El éxito de reclutamiento de las semillas, al considerar conjuntamente la emergencia y supervivencia, fue un 228% mayor en las semillas conservadas en frío respecto a las conservadas a temperatura ambiente ($81,81 \pm 5,24$ vs. $25,45 \pm$

$5,92\%$, $\chi^2 = 37,35$, $P < 0,0001$; Figura 5C).

Además de un mayor reclutamiento, las plántulas de semillas conservadas en frío mostraron un mayor rendimiento durante el seguimiento efectuado el mes siguiente de la siembra. Así, las plántulas emergidas de las semillas conservadas en frío resultaron ser un 45% más altas que las conservadas a temperatura ambiente a los catorce días ($8,60 \pm 0,42$ vs. $5,92 \pm 0,73$ cm, $F_{1,58} = 9,53$, $P = 0,003$; Figura 5D), y un 28% más altas a los veinticinco días ($17,10 \pm 0,55$ vs. $13,29 \pm 1,28$ cm, $F_{1,57} = 9,74$, $P = 0,002$; Figura 5D).

Diversos factores están diezmando las poblaciones de *Cavanillesia platanifolia* en el neotrópico. A la pérdida y fragmentación del área forestal y a su tala

se une la recientemente observada escasa regeneración natural en los bosques secos de Ecuador. Ello puede deberse a una disminución en el número de individuos y a una menor producción de frutos y semillas, a una mayor tasa de depredación de semillas, a un incremento en la desecación de las semillas y/o en la mortalidad de las plántulas debido a factores ambientales. Así, el establecimiento de los individuos jóvenes puede estar viéndose comprometido por un creciente estrés fisiológico debido a las ca-

da vez mayores oscilaciones climáticas estacionales. Este hecho podría agravarse en el futuro, por lo que sería recomendable estudiar de manera completa el ciclo biológico de *C. platanifolia* hasta su etapa adulta, y determinar la influencia de los distintos factores bióticos y abióticos sobre su eficacia biológica. No puede obviarse que la viabilidad de las semillas también puede estar disminuyendo por menores tasas de polinización cruzada (Hamrick y Murawski, 1990).

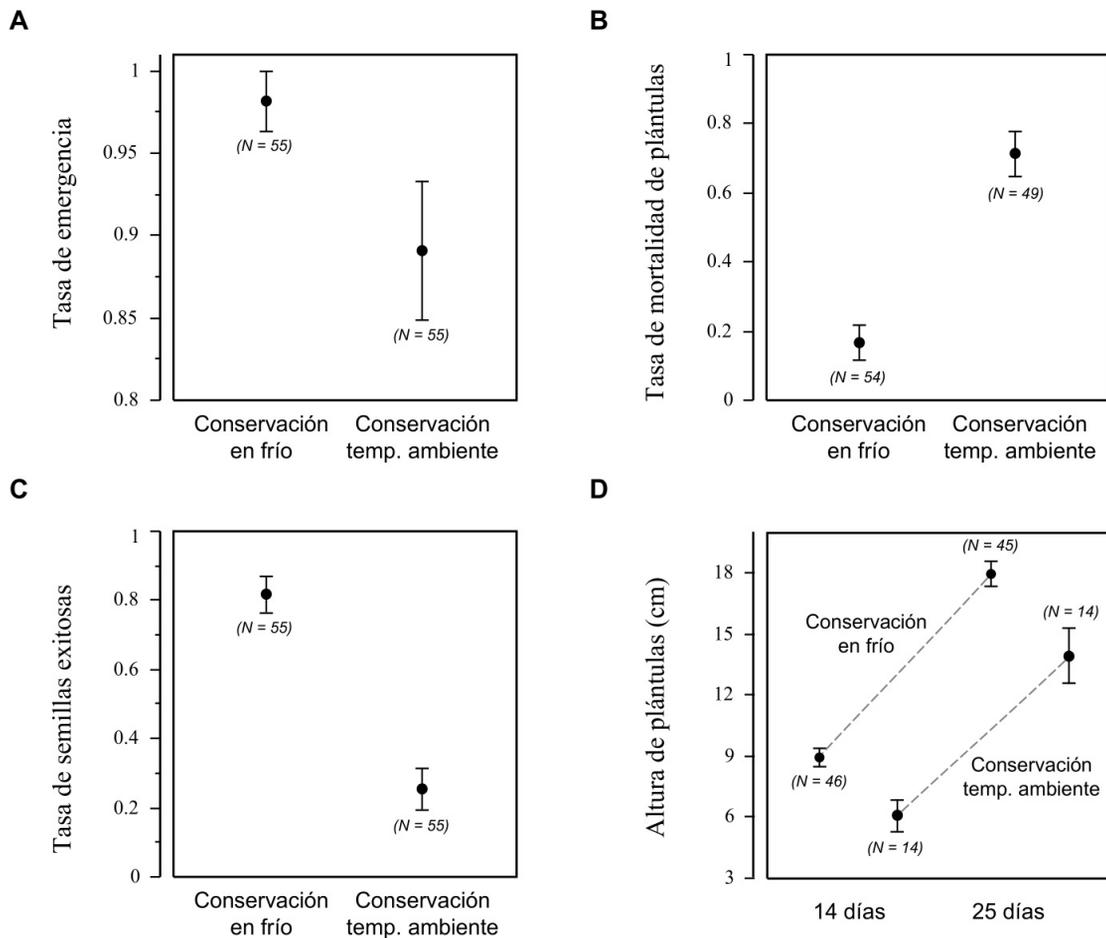


Figura 5. Efecto de la temperatura de conservación de las semillas de *Cavanillesia platanifolia* (Humb. & Bonpl.) Kunth. sobre las variables observadas. (A) Tasa de emergencia. (B) Tasa de mortalidad de plántulas. (C) Tasa de reclutamiento (semillas exitosas). (D) Altura de las plántulas con diferentes tratamientos a los 14 y a los 25 días de la siembra.

El presente estudio demuestra que la conservación en frío de las semillas durante seis meses permitió el mantenimiento de su viabilidad respecto a las semillas conservadas a temperatura am-

biente, incrementando la tasa de emergencia. La conservación en frío permitiría por tanto mantener la viabilidad de semillas sensibles a la desecación (Normah, Sulong y Reed, 2019), como es el caso

de *C. platanifolia*. Nuestro estudio demuestra que la conservación en frío de las semillas durante 6 meses mantuvo significativamente la viabilidad de las semillas. La emergencia de las semillas conservadas en frío durante seis meses (con tres meses previos de conservación a temperatura ambiente en un lugar cerrado) fue similar, y e incluso ligeramente superior a la emergencia observada en semillas de tres meses a temperatura ambiente en el mismo lugar cerrado (ensayo piloto), efecto posiblemente mediado por la interrupción de la dormancia debida al frío.

Además, es destacable que las plántulas provenientes del tratamiento de conservación en frío crecieron de manera más vigorosa. Este tipo de conservación limitaría los efectos adversos de las altas temperaturas y del déficit de agua sobre las semillas, disminuyendo su envejecimiento. Mediante el fenómeno multicausal del envejecimiento se reduce la calidad fisiológica de las semillas induciendo cambios estructurales, composicionales y funcionales, limitando su viabilidad y vigor (Kranter y col., 2010; Li y Pritchard, 2009). Sin embargo, el resultado más novedoso y destacable es que la mortalidad de estas plántulas se redujo considerablemente en las semillas conservadas en frío. La patogenicidad es un factor determinante en el reclutamiento de plántulas (Kranter y col., 2010), siendo una de las mayores causas de mortalidad de éstas durante su primer mes de vida en los bosques tropicales (Comita y col., 2014).

En estos bosques, el ataque de los patógenos suele tener efectos más agudos sobre aquellas plántulas que crecen en sombra (Augspurger y Kelly, 1984), como es el caso de *C. platanifolia*. La conservación en frío, por tanto, no sólo mantendría el vigor de las semillas, sino que también reduciría la actividad de los patógenos, limitando su impacto negativo sobre la fisiología de las semillas y el establecimiento de las plántulas. Es común en los bosques tropicales que la mortalidad de las plántulas debido a la acción patogénica también esté ligado a su densidad (Alvarez-Loayza y Terborgh, 2011; Augspurger y Kelly, 1984). Nuestra metodología muestra que pueden obtenerse bajas tasas de mortalidad aun realizando la siembra a altas densidades (~ 83 % de supervivencia en semillas conservadas en frío, habiendo 2 cm de distancia entre plántulas).

4 Conclusiones

Consideramos que la conservación en frío pudo disminuir la mortalidad tanto limitando el debilitamiento causado por el envejecimiento como ralentizando el crecimiento de los patógenos, conllevando a una menor probabilidad de infección letal. La fácilmente replicable y económica metodología de vivero utilizada en este estudio puede ser empleada para la producción de plántulas en los planes de reforestación de *C. platanifolia*. De esta forma, el vivero puede ser ocupado en diferentes tiempos de sembrado, planificando la activación y siembra de la semilla mantenida en frío según conveniencia, optimizando así la eficiencia en la producción de plántulas.

Esta metodología podría emplearse también en otras especies de Malváceas-Bombacáceas, pues casi la mitad de las especies de esta familia están catalogadas como al menos vulnerables (IUCN, 2019). La metodología podría igualmente testarse en otras especies importantes y amenazadas del Chocó-Darién con semillas de características similares, entre las que se encuentran *Quercus humboldtii* Bonpl. (Fagaceae), *Prioria copaifera* Griseb. (Fabaceae), *Caryocar amygdaliferum* Mutis (Caryocaraceae) y *Anacardium excelsum* (Bertero Balb. ex Kunth) Skeels (Anacardiaceae).

Contribución de los autores

R.V.B.: Conceptualización, visualización, investigación, recursos, metodología, análisis formal, administración de proyecto, recolección de datos, tratamiento de datos, supervisión, escritura- borrador original, escritura- revisión y edición. E.R.J.: Visualización, recursos, metodología, administración de proyecto, recolección de datos, supervisión, escritura- revisión y edición. A.R.L.: Investigación, metodología, recursos, validación. M.A.B.: Investigación, análisis formal, Curación de datos, validación, escritura- revisión y edición.

Referencias

Adler, G. (1995). «Fruit and seed exploitation by Central American spiny rats, *Proechimys semipinosus*». En: *Studies on Neotropical Fauna and*

- Environment* 30.4, 237-244. Online: <https://n9.cl/0rkgb>.
- Aguirre, N. y col. (2017). «Potential impacts to dry forest species distribution under two climate change scenarios in southern Ecuador». En: *Neotropical Biodiversity* 3.1, 18-29. Online: <https://n9.cl/1y8ld>.
- Aguirre, Z. (2012). *Especies forestales de los bosques secos del Ecuador. Guía dendrológica para su identificación y caracterización*. Proyecto Manejo Forestal Sostenible Ante El Cambio Climático. MAE/FAO-Finlandia.
- Aguirre, Z. y L. Kvist (2009). «Composición florística y estructura de bosques estacionalmente secos en el sur-occidental de Ecuador, provincia de Loja, municipios de Macara y Zapotillo». En: *Arnaldoa* 16.2, 87-99. Online: <https://n9.cl/x3kpd6>.
- Aguirre, Z., L. Kvist y O. Sánchez (2005). «Floristic composition and conservation status of the dry forests in Ecuador». En: *Lyonia* 8.2, 41-67. Online: <https://n9.cl/w36bx>.
- (2006). «Bosques secos en Ecuador y su diversidad». En: *Botánica económica de los Andes Centrales*, 162-187. Online: <https://n9.cl/n3ca4>.
- Alvarez-Loayza, P. y J. Terborgh (2011). «Fates of seedling carpets in an Amazonian floodplain forest: intra-cohort competition or attack by enemies?» En: *Journal of Ecology* 99.4, 1045-1054. Online: <https://n9.cl/jzg09>.
- Augsburger, C. y C. Kelly (1984). «Pathogen mortality of tropical tree seedlings: experimental studies of the effects of dispersal distance, seedling density, and light conditions». En: *Oecologia* 61, 211-217. Online: <https://n9.cl/j3zte5>.
- Bates, D. y col. (2014). «Fitting linear mixed-effects models using lme4». En: *Stat. Soft* 67.1, 1-48. Online: <https://n9.cl/vzmp8>.
- Becerra-Vázquez, Á. y col. (2018). «Seed longevity of five tropical species from South-Eastern Mexico: Changes in seed germination during storage». En: *Tropical Conservation Science* 11, 1940082918779489. Online: <https://n9.cl/0zcxh>.
- Bonfil-Sanders, C., I. Cajero-Lázaro y R. Evans (2008). «Germinación de semillas de seis especies de *Bursera* del centro de México». En: *Agrociencia* 42.7, 827-834. Online: <https://n9.cl/d0cjr>.
- Calvo-Rodríguez, S. y col. (2017). «Assessing ecosystem services in Neotropical dry forests: a systematic review». En: *Environmental Conservation* 44.1, 34-43. Online: <https://n9.cl/ksucm>.
- Castellanos, M. y P. Stevenson (2011). «Phenology, seed dispersal and difficulties in natural recruitment of the canopy tree *Pachira quinata* (Malvaceae)». En: *Revista de Biología Tropical* 59.2, 921-933. Online: <https://n9.cl/z31mf>.
- Catterall, C. (2018). «Fauna as passengers and drivers in vegetation restoration: a synthesis of processes and evidence». En: *Ecological Management Restoration* 19, 54-62. Online: <https://n9.cl/vy71i>.
- Comita, L. y col. (2014). «Testing predictions of the Janzen-Connell hypothesis: a meta-analysis of experimental evidence for distance- and density-dependent seed and seedling survival». En: *Journal of Ecology* 102.4, 845-856. Online: <https://n9.cl/izrr8>.
- Condit, R., S. Hubbell y R. Foster (1993). «Identifying fast-growing native trees from the Neotropics using data from a large, permanent census plot». En: *Forest Ecology and Management* 62.1-4, 123-143. Online: <https://n9.cl/zt3r6>.
- Correa, M. D., C. Galdames y M. De Stapf (2004). *Catálogo de las plantas vasculares de Panamá*. Smithsonian Tropical Research Institute.
- Debeaujon, I., K. Leon-Kloosterziel y M. Koornneef (2000). «Influence of the testa on seed dormancy, germination, and longevity in *Arabidopsis*». En: *Plant physiology* 122.2, 403-414. <https://n9.cl/iee3h>.
- Díaz-Pérez, C., M. Puerto-Hurtado y J. Fernández-Alonso (2011). «Habitat evaluation, population and conservation status of the "Barrigón" (*Cavanillesia chicamochae*, Malvaceae-Bombacoideae)». En: *Caldasia* 33.1, 105-119. Online: <https://n9.cl/2ezpc>.
- Espinosa, C. y col. (2011). «What factors affect diversity and species composition of endangered Tumbesian dry forests in Southern Ecuador?» En: *Biotropica* 43.1, 15-22. Online: <https://n9.cl/2jkh4>.
- Hamrick, J. y D. Murawski (1990). «The breeding structure of tropical tree populations». En: *Plant species biology* 5.1, 157-165. Online: <https://n9.cl/qdt6p>.
- Hubbell, S. (1979). «Tree Dispersion, Abundance, and Diversity in a Tropical Dry Forest: That tropical trees are clumped, not spaced, alters conceptions of the organization and dynamics». En: *Science* 203.4387, 1299-1309. Online: <https://n9.cl/ld9sg>.

- IUCN (2019). *The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2019-3*.
- Jørgensen, P. y S. León-Yanes (1999). *Catalogue of the vascular plants of Ecuador*. Missouri Botanical Garden Press St. Louis.
- Kranner, I. y col. (2010). «What is stress? Concepts, definitions and applications in seed science». En: *New Phytologist* 188.3, 655-673. Online:https://n9.cl/viwig9.
- Li, D. y H. Pritchard (2009). «The science and economics of ex situ plant conservation». En: *Trends in plant science* 14.11, 614-621. Online:https://n9.cl/3hoqe.
- Lima, V. y col. (2008). «Germinação de espécies arbóreas de floresta estacional decidual do vale do rio Paranã em Goiás após três tipos de armazenamento por até 15 meses». En: *Biota Neotropica* 8, 89-97. Online:https://n9.cl/un3ln.
- López-Lanús, B. y J. Socola (2000). «Estudio y conservación del Ara ambigua en la Reserva Cerro Blanco, sudeste de Ecuador». En: *Cotinga* 14, 24-25. Online:https://n9.cl/83udhi.
- Madriñán, S. (2014). «Flora de Macondo». En: *Boletín Cultural y Bibliográfico* 48.85, 66-99. Online:https://n9.cl/js9tx.
- Melo-Júnior, A. y col. (2015). «Spatial genetic structure of Cavanillesia arborea K. Schum.(Malvaceae) in seasonally dry Tropical forest: Implications for conservation». En: *Biochemical Systematics and Ecology* 58, 114-119. Online:https://n9.cl/phe2g.
- Mittermeier, R. y col. (2011). «Biodiversity hotspots: distribution and protection of conservation priority areas». En: Springer. Cap. Global biodiversity conservation: the critical role of hotspots, págs. 3-22.
- Montalvo, J., M. Rommel y J. Cevallos (2013). «Prioridades de investigación genética y ecológica para la conservación de especies y bosques y el desarrollo forestal en Ecuador». En: *Primer encuentro nacional de bosques, recursos genéticos forestales y agroforestería*.
- Normah, M., N. Sulong y B. Reed (2019). «Cryopreservation of shoot tips of recalcitrant and tropical species: Advances and strategies». En: *Cryobiology* 87, 1-14. Online:https://n9.cl/dvu4j.
- Orantes-García, C. y col. (2013). «Viabilidad y germinación de semillas de tres especies arbóreas nativas de la selva tropical, Chiapas, México». En: *Polibotánica* 36, 117-127. Online:https://n9.cl/uw8xy.
- Pinheiro, J. y col. (2011). *nlme: Linear and nonlinear mixed effects models*.
- Posada, P., J. Ocampo y L. Santos (2014). «Estudio del comportamiento fisiológico de la semilla de tres especies cultivadas de Passiflora L.(Passifloraceae) como una contribución para la conservación ex situ». En: *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas* 8.1, 9-19. Online:https://n9.cl/gpmvt.
- R Core Team (2017). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing.
- Romero-Saritama, J. (2016). «Caracterización morfofisiológica de semillas de especies leñosas distribuidas en dos zonas secas presentes en el Sur del Ecuador». En: *Ecosistemas* 25.2, 93-100. Online:https://n9.cl/num316.
- Rosin, C. y J. Poulsen (2016). «Hunting-induced defaunation drives increased seed predation and decreased seedling establishment of commercially important tree species in an Afrotropical forest». En: *Forest Ecology and Management* 382, 206-213. Online:https://n9.cl/qltn42.
- Ruiz, R. y H. Saab (2020). «Floristic diversity of the tropical dry forest in the lower and middle Sinu subregion, Cordoba, Colombia». En: *Revista de Biología Tropical* 68, 167-179. Online:https://n9.cl/lrh13.
- Sarmiento, C. y col. (2017). «Soilborne fungi have host affinity and host-specific effects on seed germination and survival in a lowland tropical forest». En: *Proceedings of the National Academy of Sciences* 114.43, 11458-11463. Online:https://n9.cl/9q1al7.
- Sasaki, S. (2008). «Physiological characteristics of tropical rain forest tree species: a basis for the development of silvicultural technology». En: *Proceedings of the Japan Academy, Series B* 84.2, 31-57. Online:.
- Souza-Silva, H. y col. (2015). «Consequences of habitat disturbance on seed fate of a Brazilian tropical dry forest tree Cavanillesia arborea (Malvaceae)». En: *Austral Ecology* 40.6, 726-732. Online:https://n9.cl/xg40y.
- Trujillo, E. (1995). *Manejo de semillas forestales: guía técnica para el extensionista forestal*. Inf. téc. International Cocoa Organization.
- Vieira, D. y A. Scariot (2006a). «Effects of logging, liana tangles and pasture on seed fate of dry forest tree species in Central Brazil». En: *Forest*

- Ecology and Management* 230.1-3, 197-205. Online: <https://n9.cl/52wxg>.
- (2006b). «Principles of natural regeneration of tropical dry forests for restoration». En: *Restoration ecology* 14.1, 11-20. Online: <https://n9.cl/g8ple>.
- Vieira, D., A. Scariot y K. Holl (2007). «Effects of habitat, cattle grazing and selective logging on seedling survival and growth in dry forests of Central Brazil». En: *Biotropica* 39.2, 269-274. Online: <https://n9.cl/tcy0l>.
- Vieira, D. y col. (2008). «Consequences of dry-season seed dispersal on seedling establishment of dry forest trees: Should we store seeds until the rains?» En: *Forest Ecology and Management* 256.3, 471-481. Online: <https://n9.cl/irzk6>.
- Walters, C., L. Wheeler y J. Grotenhuis (2005). «Longevity of seeds stored in a genebank: species characteristics». En: *Seed Science Research* 15.1, 1-20. Online: <https://n9.cl/sg4pl>.
- Wing, M., D. Solmie y L. Kellogg (2004). «Comparing digital range finders for forestry applications». En: *Journal of forestry* 102.4, 16-20. Online: <https://n9.cl/docw7>.
- Wolfe, B. (2017). «Retention of stored water enables tropical tree saplings to survive extreme drought conditions». En: *Tree physiology* 37.4, 469-480. Online: <https://n9.cl/oww20>.
- Xu, M. y col. (2015). «Soil-borne pathogens restrict the recruitment of a subtropical tree: a distance-dependent effect». En: *Oecologia* 177, 723-732. Online: <https://n9.cl/0evh3a>.