

Rasgos morfológicos de semillas y su implicación en la conservación *ex situ* de especies leñosas en los bosques secos Tumbesinos

J. M. Romero-Saritama^{1,*}, C. Pérez Ruiz²

(1) Departamento de ciencias Naturales, Universidad Técnica Particular de Loja, San Cayetano Alto.

(2) Departamento de Biotecnología y Biología Vegetal, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos Universidad Politécnica de Madrid.

* Autor de correspondencia: J.M. Romero-Saritama [jmromero@utpl.edu.ec]

> Recibido el 23 de septiembre de 2015 - Aceptado el 20 de junio de 2016

Romero-Saritama, J.M., Pérez Ruiz, C. 2016. Rasgos morfológicos de semillas y su implicación en la conservación *ex situ* de especies leñosas en los bosques secos Tumbesinos. *Ecosistemas* 25(2): 59-65. Doi.: 10.7818/ECOS.2016.25-2.07

Actualmente existe un gran interés por describir y estudiar rasgos funcionales en las plantas, estos nos ayudan a predecir ciertos comportamientos e interacciones ecológicas de las especies ante cambios ambientales o antropológicos en los ecosistemas. Los rasgos morfológicos de las semillas están involucrados en procesos durante el ciclo de vida de las plantas. Sin embargo, dichos rasgos no han sido bien estudiados desde el punto de vista funcional en diferentes hábitats, especialmente en zonas secas tropicales, donde existe gran diversidad de especies con alto riesgo de amenaza. Los bosques secos Tumbesinos compartidos entre el suroccidente del Ecuador y noroccidente del Perú, son considerados un hotspot por su alta diversidad y endemismo. No obstante están muy amenazados y algunas especies forestales han sido ya incluidas en listas rojas con algún grado de amenaza. Por ello, es urgente generar investigación e información que permita la conservación de los recursos genéticos forestales de las especies de los bosques secos. Una de las alternativas más práctica e inmediata es la colección y almacenamiento *ex situ* de semillas. Sin embargo, en hábitats secos tropicales hay un gran desconocimiento de la ecología, fisiología y morfología de semillas lo que dificulta llevar a cabo esta estrategia de conservación. Conocer los rasgos morfológicos de las semillas nos podrían ayudar a establecer la mejor manera de coleccionar y conservar las especies forestales. El presente artículo analiza e incorpora información sobre rasgos morfológicos de semillas de especies leñosas que han sido poco o nada estudiados desde el punto de vista funcional en los bosques secos Tumbesinos, y analiza cómo la información de los rasgos morfológicos de semillas podrían servir como una herramienta para optimizar el proceso de conservación *ex situ* de estas especies.

Palabras clave: banco de semillas; Ecuador; bosques secos tropicales; hábitats áridos; semillas ortodoxas; tamaño de semillas

Romero-Saritama, J.M., Pérez Ruiz, C. 2016. Seed morphological traits and their implication in the *ex situ* conservation of woody species in Tumbesian dry forests. *Ecosistemas* 25(2): 59-65. Doi.: 10.7818/ECOS.2016.25-2.07

There is currently a great interest in studying functional traits in plants that aid to predict ecological interactions and responses of species to environmental or anthropological changes in ecosystems. Seeds' morphological traits play a relevant role along the whole life cycle of plants. However, they have not been well studied from functional perspective in different habitats especially in tropical dry areas, where there is great diversity of species at high risk of threat. The Tumbesian dry forests occurring in the southwestern of Ecuador and northwestern of Peru, are considered as hotspots owing to their high biodiversity and endemism. However, this ecosystem is highly threatened and some tree and shrub species have already been included in red for this reason, it is urgent to generate information that may promote the conservation of forest genetic resources of tropical dry forests. One of the most practical and immediate alternative is the collection and *ex situ* storage of seeds. However, in tropical dry habitats, the morphological, physiological and ecological traits of seeds are largely unknown which may prevent the performance of *ex situ* conservation strategies. This knowledge is important in order to efficiently collect and storage seeds that can be used in active restoration plants. In this article we provide information about morphological seeds traits of Tumbesian woody species and how such traits influence the process of seed collection and storage.

Key words: arid habitats; Ecuador; orthodox seeds; seed banks; seed size; tropical dry forest

Introducción

Durante los últimos años ha existido un gran interés de parte de los investigadores por el estudio de rasgos funcionales (del inglés *traits*) en las plantas, debido a que los rasgos son indicadores de las estrategias ecológicas de las especies y ayudan a la comprensión de la dinámica de las comunidades ante factores ambientales y antropológicos (Bihn et al. 2010; Lohbeck et al. 2015; Yates et al. 2014).

La identificación de rasgos funcionales en semillas también ha sido un elemento importante en la ecología e historia evolutiva de las plantas (Harper 1977; Simons y Johnston 2000). Estos rasgos afectan directamente a procesos de dispersión, colonización y establecimiento de las plántulas (Dalling 2002). Por lo tanto, uno de

los objetivos importantes en el estudio de la ecología de las comunidades vegetales es conocer y entender cómo los rasgos funcionales determinan la adaptación de las especies a determinados hábitats (Díaz et al. 2004). Varios estudios han demostrado que las especies de plantas difieren en gran medida en los rasgos de semillas y estos rasgos se asocian a menudo con la regeneración natural de las especies y con factores abióticos de cada hábitat donde se desarrollan las especies (Kitajima y Fenner 2000; Ibarra-Manríquez et al. 2001). Las investigaciones sobre ecología de semillas han sido abordadas para las especies presentes en zonas templadas y en áreas de selva húmeda tropical (Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia 1993), faltando mucha información relacionada con la biología y rasgos morfológicos de semillas de especies leñosas de

los bosques secos tropicales (sin embargo, ver [Khurana y Singh 2001](#)). Especialmente se desconoce cómo los rasgos morfológicos de las semillas pueden afectar a los métodos de colección y conservación de semillas.

Por mucho tiempo la conservación *ex situ* ha actuado como un respaldo para ciertos segmentos de la diversidad que de otro modo podrían perderse para siempre en la naturaleza ([Cohen et al. 2001](#)). No obstante, la mayoría de las accesiones conservadas en bancos de semillas a nivel mundial corresponden a especies con algún tipo de uso agrícola, siendo una necesidad actual la conservación de especies silvestres y endémicas de hábitats biodiversos y altamente amenazados por actividades antrópicas. Las zonas tropicales se caracterizan por tener un elevado número de ecosistemas altamente diversos, entre ellos se encuentran los bosques secos que inicialmente representaban el 42 % de la vegetación tropical en todo el mundo ([Murphy y Lugo 1995](#)) resultando en un ecosistema altamente amenazado ([Janzen 1988](#)). Actualmente la extensión de los bosques secos se ha reducido drásticamente a menos del 0.1 % de su extensión original, siendo Sudamérica la zona con mayor proporción de bosque seco ([Miles et al. 2006](#)). Sin embargo este remanente se encuentra fuertemente fragmentado y escasamente protegido ([Portillo-Quintero y Sánchez-Azofeifa 2010](#)). De acuerdo a este pronóstico parece necesario poner en marcha todas las estrategias de conservación posibles, desde aumentar la extensión de bosque seco protegido, llevar a cabo programas de restauración activa hasta estrategias de conservación *ex situ* a largo plazo.

El presente trabajo analiza e incorpora información sobre rasgos morfológicos de semillas de especies leñosas que han sido poco o nada estudiados desde el punto de vista funcional en los bosques secos Tumbesinos. Así mismo se analiza cómo la información de los rasgos morfológicos de semillas podría ser una importante herramienta para optimizar el proceso de conservación *ex situ* de especies de un ecosistema altamente amenazado. Si bien, nos hemos enfocado en los bosques secos Tumbesinos, uno de los ambientes con mayor grado de amenaza a nivel global, la información de rasgos morfológicos funcionales en semillas puede ser utilizada en la conservación *ex situ* de otros bosques secos tropicales.

Diversidad de especies leñosas en los bosques secos Tumbesinos

Formando parte de las zonas secas tropicales sudamericanas encontramos a la Región de Endemismos Tumbesina (RET). Las áreas de endemismo son regiones de gran interés para la conservación mundial, sus características geográficas, climáticas y evolutivas particulares han hecho de esta zona un hábitat perfecto para una variedad de especies que no se encuentran en otro lugar ([Best y Kessler 1995](#)). La Región de Endemismo Tumbesina ([Fig. 1](#)) comprende el suroccidente del Ecuador y noroccidente del Perú desde el nivel del mar hasta 1100 m.s.n.m con una extensión aproximada de 135 000 Km² ([Aguirre et al. 2006](#)). La zona en su conjunto muestra una época de lluvias desde noviembre a mayo, siendo el mes más lluvioso marzo en la mayoría de las áreas ([Best y Kessler 1995](#)), mientras que el periodo de aridez puede variar entre seis a ocho meses del año ([Linares-Palomino, et al 2010](#)). En la Región Tumbesina la mayor superficie de vegetación está representada por el bosque estacionalmente seco con un área de 86 859 km². El bosque seco tumbesino se distingue por una alta diversidad y extraordinaria cantidad de especies endémicas de diferentes grupos taxonómicos ([Dinerstein et al. 1995](#); [Linares-Palomino et al. 2010](#); [2011](#)). Con respecto a la variedad de especies leñosas la zona cuenta con un total de 313 especies pertenecientes 180 géneros en 54 familias ([Aguirre et al. 2006](#); [Linares-Palomino 2011](#)), de las cuales el 21 % de las especies son endémicas ([Aguirre et al. 2006](#)).

Por su alta diversidad la Región Tumbesina ha sido considerada como una de las regiones de mayor endemismo mundial ([Davis et al. 1997](#)), incluida en la lista de puntos calientes o hotspots del mundo ([Mittermeier et al. 2005](#)). Sin embargo este alto

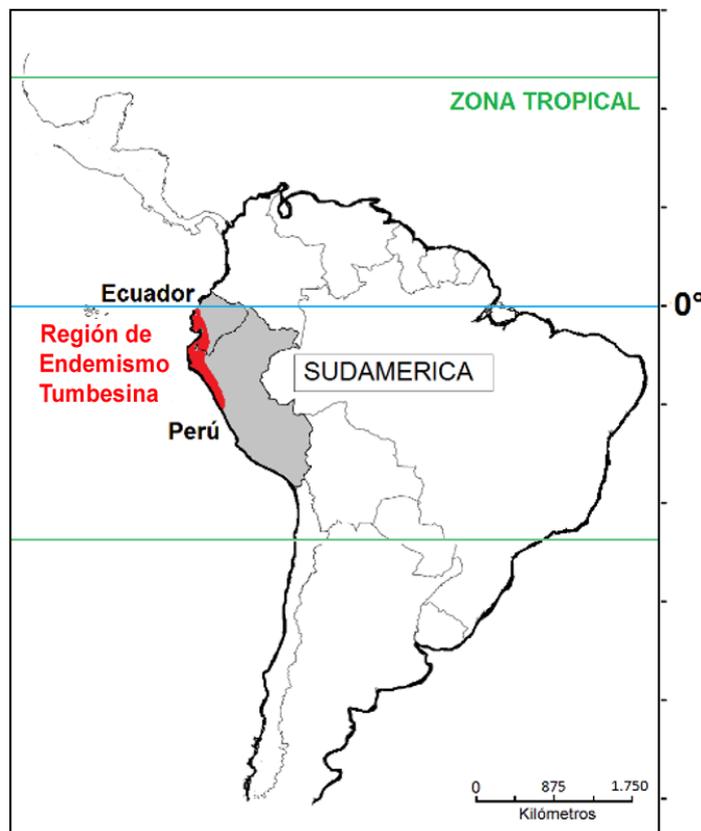


Figura 1. Ubicación de la Región de Endemismo Tumbesina en Sudamérica.

Figure 1. Location of Tumbesian endemic region in South America.

grado de diversidad y endemismo está acompañado de grandes amenazas antropicas. Algunas de las especies vegetales de este ecosistema están catalogadas con algún grado de amenaza, por ejemplo; *Mauria membranifolia* Barfod y Holm-Niels. (Anacardiaceae), *Juglans neotropica* Diels (Juglandaceae), *Cedrela fissilis* (Meliaceae) y *Siparuna eggersii* Hieron. (Monimiaceae) que se encuentran en peligro; otras como *Cavanillesia platanifolia* Kunth (Bombacaceae) están casi amenazadas y *Cedrela odorata* L., *Swietenia macrophylla* King (Meliaceae) en estado vulnerable (UICN 2015). Sin embargo, debido a la intensidad de la conversión de los bosques la degradación y destrucción ([Parker y Carr 1992](#); [Linares-Palomino et al. 2010](#)) todas las especies podrían estar en riesgo de amenaza.

A pesar de la importancia ecológica y grandes problemas ambientales que afectan a los bosques secos Tumbesinos, durante mucho tiempo estos han sido de poco interés para la investigación, la mayor parte de la literatura e investigaciones se han centrado en el conocimiento del bosque tropical húmedo dejando en segundo plano el resto de biomas boscosos tropicales y en particular el bosque seco ([Sánchez-Azofeifa et al. 2005](#)). Como consecuencia de ello los bosques secos están muy pobremente representados dentro de los sistemas de conservación estatales de los países neotropicales, lo cual aumenta el riesgo de pérdida y no garantiza su conservación a largo plazo ([Espinosa et al. 2012](#)).

Una de las estrategias que se presenta para contribuir a la conservación inmediata de las especies forestales es la colección y almacenamiento de semillas, debido a que la mayoría de las especies de plantas son capaces de sobrevivir como semilla por muchas décadas en condiciones secas y frías ([León-Lobos et al. 2012](#)). Por lo tanto, las semillas constituyen una de las estructuras más representativas de las plantas superiores para su mantenimiento y son el agente de dispersión más frecuente, eficaz y con mayor capacidad de regenerar una planta vascular completa a largo plazo ([Bracchetta et al 2008](#)). No obstante, el proceso de colección, manejo y conservación de semillas a pesar de ser una actividad realizada desde muchos años atrás, especialmente en

zonas templadas, no ha sido considerada su aplicación para la conservación inmediata de los bosques secos Tumbesinos. La falta de información sobre ecología y fenología de la comunidad de especies leñosas, así como, los escasos estudios sobre la morfo-fisiología de semillas han sido una de las múltiples causas para no emprender inmediatamente programas de colección de semillas para la conservación *ex situ* a largo plazo de estas especies.

Importancia de los estudios de rasgos morfológicos en semillas

Comprender el funcionamiento de los ecosistemas y cómo pueden cambiar bajo presiones naturales o antropogénicas es uno de los desafíos más importantes que enfrentan actualmente los ecólogos (Spitz et al. 2014). Este reto se hace aún más urgente dado el rápido declive de la biodiversidad (Roscher et al. 2012) y las predicciones de cambio global poco alentadoras para las especies y los diferentes ecosistemas tropicales (IPCC 1997; Schröter et al. 2005). La descripción y uso de rasgos morfológicos funcionales de las plantas podrían mejorar mucho nuestro conocimiento de las relaciones entre las especies y su medio ambiente (Luck et al. 2012). Por ello, cada día el estudio de los rasgos morfológicos y fisiológicos funcionales se vuelve más importante en la ecología de las comunidades (Scholze 2006; Kröber et al. 2012).

En este trabajo definimos rasgos funcionales como: características morfológicas, fisiológicas y fenológicas medibles en cada uno de los organismos que tienen efecto sobre otros aspectos relacionados con su desarrollo y adaptación a su entorno natural. En las plantas, los rasgos funcionales modulan el crecimiento, la supervivencia y rendimiento reproductivo (Violle et al. 2007), lo que determinará diferentes procesos ecológicos a nivel de toda la comunidad (Roscher et al. 2012).

Los rasgos pueden tener varios atributos que son diferentes expresiones o estados de un rasgo (Lavorel y Garnier 2002; McIntyre et al. 1999). En semillas podemos identificar y medir numerosos rasgos y atributos morfológicos, ya sean cuantitativos o cualitativos (ver más adelante) que unidos a otros rasgos funcionales pueden tener grandes implicaciones ecológicas y sobre todo para la toma de decisiones y generación de políticas en el proceso de conservación *ex situ* de las especies. Sin embargo, pocos estudios han abordado un número elevado de rasgos en semillas para una comunidad de especies leñosas, limitándose a pocos rasgos (por ejemplo la masa, el tamaño, tipo de cotiledones y testa) relacionados con la germinación y dormición de las semillas en algunas especies (Khurana y Singh 2001).

La falta de estudios morfológicos en semillas de taxones silvestres o leñosos se relaciona con el tiempo, costo y esfuerzo que implica coleccionar la mayor cantidad de semillas de toda una comunidad de especies. El tiempo dedicado a la recolección de las semillas en el campo será mucho mayor si la altura de las especies sobrepasa los 10 metros como sucede en la mayoría de las especies forestales del bosque seco, siendo indispensable el uso de determinados equipos de colección para la obtención de las semillas desde las copas. A esto se suma que para la colección óptima de semillas se requiere conocimiento de los periodos de producción de frutos y el tiempo durante el cual las semillas permanecen maduras en los árboles, información que en muchos de los casos es desconocida en bosques secos tropicales. Además en laboratorio, la identificación y medición de rasgos morfo-anatómicos en las semillas post recolección, conlleva mucho tiempo y es necesario personal capacitado para esta labor.

Implicaciones de los rasgos morfológicos en la conservación *ex situ*

Un pre-requisito importante para la conservación *ex situ* de la diversidad vegetal por medio de semillas es conocer cómo responden estas al proceso de almacenamiento (Hong y Ellis 1998). La desecación de semillas, previa a la conservación sin que haya pér-

dida de viabilidad, es uno de los procesos que se debe realizar para garantizar la conservación a largo plazo. En base a la tolerancia de desecación las semillas han sido clasificadas como recalcitrantes y ortodoxas. Las semillas recalcitrantes mueren durante el secado por debajo del 20 a 30 % de humedad y no pueden ser almacenadas en frío (Chin et al 1989), a diferencia de las semillas ortodoxas que toleran la deshidratación a bajos contenidos de agua (<7% peso fresco) sin afectar su viabilidad (Roberts 1973) y se conservan sin ningún inconveniente durante mucho tiempo (Daws et al. 2005). Tweddle et al. (2003) proyectaron sobre un una base de datos obtenida en línea del Real Jardín Botánico de Kew que el 89 % de las especies de los bosques deciduos tropicales son ortodoxas, mientras que el 9 % corresponden a recalcitrantes, no obstante estos datos se basan en una muestra de 45 especies.

Sin embargo, determinar si las semillas son ortodoxas o recalcitrantes no es un tarea sencilla ya que es necesario poder llevar a cabo ensayos de desecación y germinación bajo varios tratamientos y con tamaños muestrales suficientemente grades, por lo que bancos de semillas de pequeño tamaño pueden verse limitados. En este sentido, conocer los rasgos morfológicos de las semillas puede servir de ayuda, ya que existe información acerca de cómo los rasgos morfológicos se relacionan con la tolerancia la desecación, los cuáles se discuten a continuación. Adicionalmente, el éxito de la conservación *ex situ* de las especies forestales, no solo se enmarca en conocer el comportamiento de conservación de las semillas, sino en optimizar todo el ciclo de conservación desde la colección hasta el almacenamiento de las semillas en los bancos de germoplasma y su posterior utilización. Es entonces, donde el conocimiento de rasgos de semillas se vuelve una herramienta indispensable para articular de la mejor manera todo el proceso de conservación *ex situ*.

Rasgos cuantitativos en semillas

Los bosques secos tropicales hacen gala de una variedad de características morfológicas en sus semillas (Fig. 2), posiblemente como resultado de la adaptación a las condiciones de mayor aridez que caracterizan a estos bosques y a las estrategias de dispersión utilizadas por cada una de las especies (Romero-Saritamá y Pérez-Ruiz 2016).

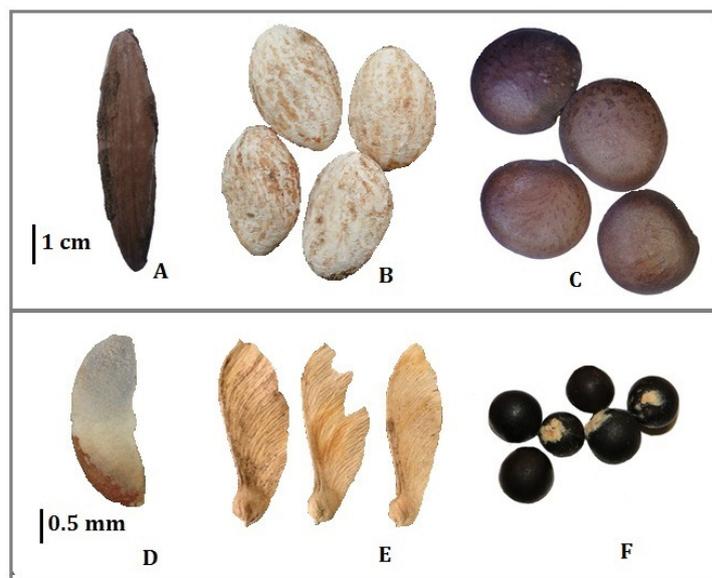


Figura 2. Representación de la diversidad de formas, tamaños y colores de las semillas de especies leñosas de bosque seco. A) Semillas de *Cavanillesia platanifolia*, B) *Geoffroea spinosa*, C) *Hura crepitans*, D) *Simira ecuadorensis*, E) *Gallesia integrifolia*, F) *Sapindus saponaria*.

Figure 2. Representing the diversity of shapes, sizes and colors of seeds of woody species in a dry forest. A) Seed of *Cavanillesia platanifolia*, B) *Geoffroea spinosa*, C) *Hura crepitans*, D) *Simira ecuadorensis*, E) *Gallesia integrifolia*, F) *Sapindus saponaria*.

Uno de los primeros rasgos que podemos identificar al momento de coleccionar semillas es el número de semillas por fruto. En un bosque seco estudiado en la Región Tumbesina por Romero-Saritama y Pérez-Ruiz (2016), encontraron que la tendencia general en una comunidad de 71 de especies leñosas es producir frutos con pocas semillas, la mayoría de las especies produjo entre uno a cinco semillas por fruto (Fig. 3A). En este grupo de especies se hallan: *Cavanillesia platanifolia*, *Bursera graveolens* (Burseraceae), *Coccoloba ruiziana*, *Triplaris cumingiana* (Polygonaceae), *Sapindus saponaria* (Sapindaceae), *Ziziphus thyrsoiflora* (Rhamnaceae), *Gallesia integrifolia*, *Geoffroea spinosa* entre otras. Una cantidad menor de semillas por fruto en las especies podría implicar mayor tiempo en la colección de una cantidad de frutos. Es importante tener en cuenta que la muestra de semillas colectadas en cada especie debe ser lo suficientemente grande para asegurar que las frecuencias alélicas característica de la población estén representadas para su conservación a largo plazo.

La cantidad de semillas por fruto también ha sido asociada con el tipo de fruto y el comportamiento de almacenamiento de las semillas. Hong y Ellis (1996) encontraron que especies que produjeron muchos aquenios así como bayas, cápsulas y vainas con muchas semillas tienden a presentar un comportamiento ortodoxo, manteniendo así su viabilidad tras ser almacenadas por largo tiempo. Los frutos de especies de bosque seco como *Psidium guajava* (Myrtaceae), *Cochlospermum vitifolium* (Cochlospermaceae), *Acnitius arborescens* (Solanaceae), *Cassia grandis*, pueden contener más de 50 semillas, lo que hace a estas especies candidatas a presentar dicho comportamiento ortodoxo. De manera que el número de semillas por fruto de especies arbóreas es un rasgo básico y fundamental a conocer cuando se quieren llevar a cabo estrategias de conservación *ex-situ*.

Uno de los rasgos morfológicos más estudiados en la ecología de semillas es el tamaño de las semillas, por ser uno de los elementos que ha evolucionado asociado a otros rasgos morfológicos y fisiológicos (Venable y Brown 1988; Rees 1995). El tamaño de las semillas puede englobar diferentes atributos como largo, ancho y grosor (Fig. 4). Sin embargo, estos atributos no han sido estudiados en forma conjunta a pesar de jugar un papel importante al momento de coleccionar, transportar y almacenar semillas. Aunque con algunas excepciones, el tamaño de las semillas encontrado en la mayoría de las especies de bosque seco no sobrepasa los 15 mm de largo (Romero-Saritama y Pérez-Ruiz 2016) (Fig. 3B), tamaño menor al encontrado en especies leñosas de bosques húmedos tropicales (Foster y Janson 1985; Queenborough et al. 2009). El tamaño pequeño de las semillas sería una ventaja al momento de transportar y almacenar la cantidad suficiente de semillas para su conservación a largo plazo, debido a que se necesitaría menor espacio de almacenamiento, a diferencia del almacenamiento de semillas de mayor tamaño como las encontradas en *Cavanillesia platanifolia* o *Geoffroea spinosa* de hasta 30 mm de largo y mayor volumen.

El tamaño conjuntamente con la masa y el contenido de humedad de las semillas son rasgos asociados con la tolerancia a la desecación y germinación (Daws et al. 2005). Por un lado, estos rasgos pueden indicar el tipo de semillas; ya sea como ortodoxas o recalcitrantes. Semillas con tamaños iguales o mayores a 17 x 13 mm de largo y ancho han sido consideradas como recalcitrantes y encontradas con mayor frecuencia en los bosques lluviosos tropicales (Chin et al. 1989; Daws et al. 2005). En el bosque seco pocas son las especies que producen semillas que puedan alcanzar esas dimensiones, sin embargo encontramos algunos ejemplos como *Hura crepitans*, *C. platanifolia*, *G. spinosa*, *T. chrysantha* (incluida las alas) que presentan semillas con tamaños mayores a 18 mm de largo, así estas especies son candidatas a presentar una tendencia recalcitrante. Romero-Saritama y Pérez-Ruiz (2016) reportan que el tamaño promedio de las semillas de las especies de bosque seco es de 10 ± 8 mm de largo x 6.2 ± 4 mm de ancho, lo que significa que la mayoría de las especies (94.4 %) posee semillas con tendencia ortodoxa basados en su tamaño.

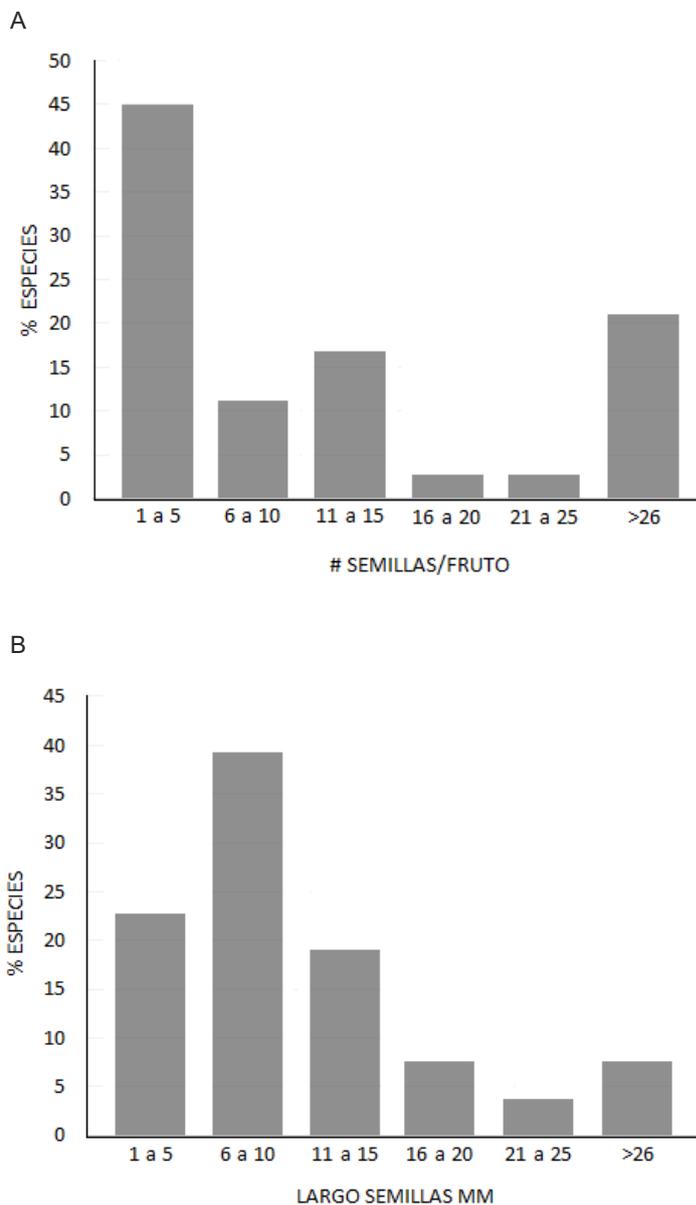


Figura 3. Dos rasgos medidos en semillas de bosque seco. A) Número de semillas/fruto y B) Largo de semillas en una comunidad de especies leñosas en un bosque seco Tumbesino.

Figure 3. Two traits measured in dry forest seeds. A) Number of seeds/fruit and B) Length of seeds in a community of woody species in a Tumbesian Dry Forest.

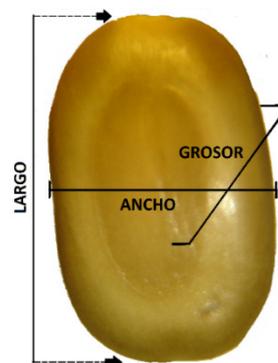


Figura 4. Representación de tres atributos medibles para determinar el tamaño de las semillas, largo, ancho y grosor de las semillas.

Figure 4. Representing three measurable attributes to determine the seed size, length, width and thickness of the seeds.

La masa ha sido otro rasgo relacionado de alguna manera con el comportamiento de conservación de las semillas y la capacidad de tolerar la deshidratación (Daws et al. 2005). Generalmente se ha determinado que semillas más pesadas (mayores a 3 gramos) con un alto contenido de humedad y la presencia de proteínas oleosinas que estabilizan los cuerpos grasos en semillas (Magnitskiy y Plaza 2007), son más propensas a ser recalcitrantes, es decir que no sobreviven a la deshidratación (Dickie y Pritchard 2002), ejemplos de este tipo de especies tenemos a *Aesculus hippocastanum* (Sapindaceae) (Daws et al. 2004), *Inga vera* Willd (Mimosaceae) (Rocha et al. 2004). Mientras que los caracteres opuestos son más frecuentes en las semillas ortodoxas por ejemplo; *Prosopis ferox*, *Pterogyne nitens* (Fabaceae) (Dickie y Pritchard 2002; Gleiser et al. 2004). En bosques secos la probabilidad de encontrar semillas con una elevada masa es baja. La mayoría de las especies produce semillas que poseen pesos menores a 1 gramo (Khurana et al. 2006), correspondiente a semillas que pueden tolerar la deshidratación manteniendo su viabilidad.

Rasgos morfológicos cualitativos

Las semillas no presentan solamente rasgos cuantitativos con efecto significativo en los procesos de conservación de las semillas, también poseen una diversidad de rasgos cualitativos que podemos describir y analizar como indicadores para el tratamiento de las semillas pre y post conservación *ex situ*. Por ejemplo; La textura de la cubierta (testa) es uno de los rasgos morfológicos de las semillas que puede ser clasificada como dura-impermeable o blanda-permeable en función de la absorción o no de la humedad (Varela y Alborno 2013). La dureza y la permeabilidad de la testa no solo cumplen la función de protección del embrión, juega un papel importante en la velocidad de germinación al regular el ingreso del agua al interior de las semillas. Los estudios han demostrado que especies con semillas de testa dura podría retrasar la germinación (Gleiser et al. 2004) o inducir dormición física (Baskin y Baskin 2014), a diferencia de las semillas con testa blanda que su velocidad de germinación podría ser mayor. No obstante, la producción de semillas con testa blanda y fina aumenta la probabilidad de ser sensible a la desecación (Pritchard et al. 2004), impidiendo ser almacenadas por largos periodos.

En regiones áridas, donde las temperaturas son altas y las precipitaciones variables o impredecibles, la producción de semillas duras en algunas especies es un mecanismo de supervivencia (Baskin y Baskin 2014). En términos de conservación *ex situ*, la textura de la testa puede ayudar a predecir el tiempo que es necesario para su secado antes de su conservación. En especies con semillas de testa blanda como por ejemplo: *Capparis flexuosa*, *C. platanifolia*, *Delostoma integrifolium*, *Tabebuia chrysantha* y *Lafoensia acuminata*, la deshidratación puede actuar más rápido y por lo tanto ser necesario un tiempo menor de acondicionamiento antes de su conservación. Sin embargo fisiológicamente un rápido secado en semillas con altos contenidos de humedad y testa blanda puede provocar daños irreversibles en las células incluso la muerte de las semillas antes de ser conservadas (Alpert y Oliver 2002). A diferencia de las especies con semillas de testa dura e impermeable que su secado es lento y conlleva más tiempo, permitiendo así a las semillas acondicionarse mejor fisiológicamente para ser almacenada por mayor tiempo en cámaras frías.

La información de rasgos internos de las semillas como tipo de embrión (Fig. 5) y presencia o ausencia de endospermo también podrían contribuir con directrices para la conservación de las especies leñosas. Los rasgos internos de las semillas generalmente han sido relacionados con el comportamiento germinativo y el tipo de dormición en las semillas (Baskin y Baskin 2014; Romero-Saritamá 2015), factores a tomar en cuenta al momento de realizar el almacenamiento de las semillas y sobre todo para el uso de las mismas post-conservación.

En ambientes áridos se ha comprobado que la inducción a dormición en las semillas por parte de algunas especies podría ser una adaptación favorable para mantenerlas vivas durante toda la época seca (Pritchard et al. 2004). Sin embargo la colección de semillas

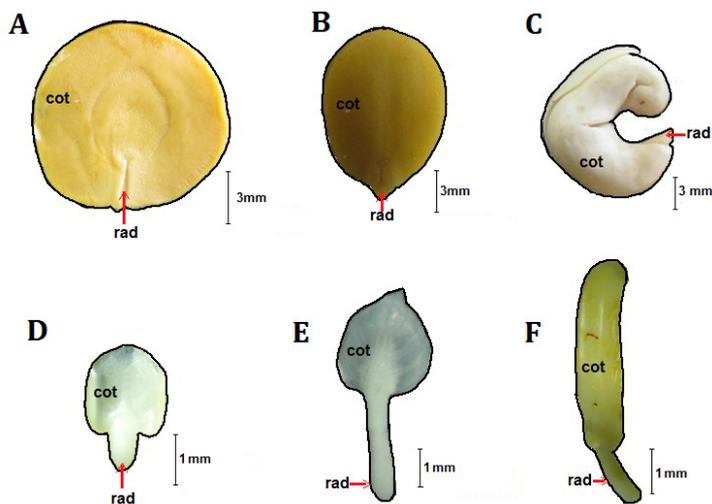


Figura 5. Representación de tres tipos de embriones (radícula y cotiledones) de los seis encontrados en un bosque seco según Romero-Saritamá y Pérez (2016) basados en la clasificación de Martin 1946. A y B) embrión invertido correspondiente a *Anadenanthera columbrina* y *Caesalpinia spinosa*. C) embrión plegado (*Capparis scabrida*) y D, E F) embrión espatulado de *Ochroma pyramidale*, *Simira ecuadorensis* y *Cochlospermum vitifolium*. rad= radícula, cot= cotiledones.

Figure 5. Representation of three types of embryos (radicle and cotyledons) of the six found in a dry forest according Romero-Saritamá and Perez (2016) based on the classification of Martin 1946. A and B) embryo Investing from A) *Anadenanthera columbrina*, y *Caesalpinia pinose*. C) Embryo folded (*Capparis scabrida*) y D, E, F) Embryo spatulate from *Ochroma pyramidale*, *Simira ecuadorensis* and *Cochlospermum vitifolium*. rad= radicle, cot= cotyledons.

con algún tipo de dormición genera inconvenientes para su inmediata utilización post almacenamiento al impedir su rápida germinación. En bosque seco se ha encontrado especies que producen semillas maduras con embriones pequeños, poco desarrollados y con abundante endospermo que pueden conferir latencia morfológica o morfofisiológica (Romero-Saritamá y Pérez Ruiz 2016), siendo necesario un intervalo de tiempo para la maduración del embrión antes de la germinación (Martin 1946; Nikolaeva 1999; Forbis y Diggle 2001). Por lo tanto, para especies con semillas con latencia aparte del tiempo necesario para acondicionar las semillas para su germinación post almacenamiento, es necesario esperar el desarrollo y crecimiento del embrión (alrededor de 30 días) para lograr su germinación (Baskin y Baskin 2004; Mattana et al. 2014). En contraste, la colección semillas de especies que producen un embrión bien desarrollado como es el caso de la mayoría de especies de bosque seco, su germinación es más rápida al no tener que pasar la etapa de crecimiento (Forbis et al. 2002; Romero-Saritamá y Pérez-Ruiz 2016). Sin embargo, hay que tomar en cuenta que algunas especies con embriones bien desarrollados (por ejemplo; *Caesalpinia spinosa*, *Caesalpinia glabrata*, *Ipomoea pauciflora*, *Erythrina velutina*) pueden tener otros mecanismos de latencia como dormición física o fisiológica (Baskin y Baskin 2014), siendo necesario realizar tratamientos pre germinativos post almacenamiento lo que retrasaría la utilización de las semillas.

Conclusiones

El éxito de la conservación *ex situ* de especies leñosas presentes en ambientes tropicales amenazados depende mucho de la información disponible para los propágulos involucrados en la regeneración de las especies. Basados en el número de semillas por fruto, tamaño, masa y textura de testa de las semillas de las especies de bosque seco, podemos determinar que la mayoría de las especies tienen alta probabilidad de ser almacenadas con éxito a largo plazo en cámaras frías. En cambio, rasgos morfológicos encontrados en las semillas como; testa dura, embriones pequeños, presencia de gran cantidad de endospermo generan dormición en las semillas, lo que sería problemático para algunas especies a la

hora de hacer uso inmediato de las semillas post almacenamiento. Por lo tanto, es importante que los encargados de la gestión y manejo de los bancos de semillas puedan prever esta situación y permitir un flujo inmediato del ciclo de la conservación *ex situ* de las especies forestales.

Agradecimientos

Al personal y estudiantes que han formado parte del Banco de semillas-UTPL y que han contribuido a los diferentes procesos de colección y almacenamiento de semillas. Agradecimiento a cada uno de los revisores del manuscrito en especial a la Dra. Gema Escribano-Ávila por sus valiosos comentarios y aportes para mejorar el presente trabajo.

Referencias

- Aguirre, Z., Kvist, L., Sánchez, O. 2006. Bosques secos en Ecuador y su diversidad. En: Morales, B., Øllgaard, L., Kvist P., Borchsenius F., Balslev, H. (eds.), *Botánica Económica de los Andes Centrales*. pp. 162-187. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia.
- Alpert, P., Oliver, M.J. 2002. Drying without dying. En: Black, M., Pritchard, H.W. (eds.). *Desiccation and survival in plants: drying without dying*. pp. 3-43. CAB International. Wallingford/New York.
- Bacchetta, G., Bueno Sánchez, A., Fenu, G., Jiménez-Alfaro, B., Mattana, E., Piotto, B., Virevaire M. (eds.). 2008. Conservación *ex situ* de plantas silvestres. Principado de Asturias / La Caixa. España.
- Baskin, J.M., Baskin, C.C. 2004. A classification system for seed dormancy. *Seed Science Research* 14: 1-16
- Baskin, C.C., Baskin, J.M. 2014. *Seeds: Ecology, biogeography and evolution of Dormancy and Germination* (2da ed.). Elsevier. Kentucky, Estados Unidos.
- Best, B.J., Kessler M. 1995. *Biodiversity and Conservation in Tumbesian Ecuador and Peru*. Cambridge. BirdLife International. Reino Unido.
- Bihn, J.H., Gebauer, G., Brandl, R. 2010. Loss of functional diversity of ant assemblages in secondary tropical forests. *Ecology* 91: 782-792.
- Cohen, J.I., Williams, J.T., Plucknett, D.L., Shands, H. 1991. *Ex situ* conservation of plant genetic resources: global development and environmental concerns. *Science* 253: 866-872.
- Chin, H.F., Krishnapillay, B., Stanwood, P.C. 1989. Seed moisture: recalcitrant vs. orthodox seeds, En: Stanwood, P.C., McDonald, M.B. (eds.), *Seed Moisture*, pp. 15-22. CSSA Special Publication No. 14. Crops Science Society of America, Madison, Estados Unidos.
- Daws, M.I., Lydall, E., Chmielarz, P., Leprince, O., Matthews, S., Thanos, C.A., Pritchard, H.W. 2004. Developmental heat sum influences recalcitrant seed traits in *Aesculus hippocastanum* across Europe. *New Phytologist* 162: 157-166. doi: 10.1111/j.1469-8137.2004.01012.x
- 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.
- Dalling, J.W. 2002. Ecología de semillas. En: Guariguata, M., Kattan, G. (eds.), *Ecología y conservación de bosques neotropicales*, pp. 346-375. Ediciones LUR. Costa Rica.
- Davis, S., Heywood, V.H., Hamilton, A.C. (eds.) 1997. *Centres of plant diversity*, vol 3: The Americas. WWF and IUCN, World Conservation Union.
- Díaz, S., Hodgson, J.G., Thompson K., Cabido M., Cornelissen, J.H., et al. 2004. The plant traits that drive ecosystems: Evidence from three continents. *Journal of Vegetation Science* 15: 295-304.
- Dinerstein, E., Olson, D.M., Gram, D.J., Webster, A.L., Primn, S.A., Brookbinder, M.P., Ledec, G. 1995. *Una evaluación del estado de conservación de las ecoregiones de América Latina y Caribe*. Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento/Banco Mundial, Washington DC, Estados Unidos.
- Dickie, J.B., Pritchard, H.W., 2002. Systematic and evolutionary aspects of desiccation tolerance in seeds. En: Black, M., Pritchard, H.W. (eds.), *Desiccation and Survival in Plants: Drying without Dying*, pp 239-259. CAB International, Wallingford, Reino Unido.
- Espinosa, C.I., de la Cruz, M., Luzuriaga, A.L., Escudero, A. 2012. Bosques tropicales secos de la región Pacífico Ecuatorial: diversidad, estructura, funcionamiento e implicaciones para la conservación. *Ecosistemas* 21: 167-179.
- Foster, S., Janson, C.H. 1985. The Relationship between Seed Size and Establishment Conditions in Tropical Woody Plants. *Ecology Society of America* 66(3): 773-780. <http://doi.org/10.2307/1940538>.
- Forbis, T.A., Diggle, P.K. 2001. Subnivean embryo development in the alpine herb *Caltha leptosepala* (Ranunculaceae). *Canadian Journal of Botany* 79: 635-642.
- Forbis, T.A., Floyd, SK., De Queiroz, A. 2002. The evolution of embryo size in angiosperms and other seed plants: implications for the evolution of seed dormancy. *Evolution* 56: 2112-2125.
- Gleiser, G., Picher, M.C., Veintimilla, P., Martínez, J., Verdú, M. 2004. Seed dormancy in relation to seed storage behaviour in *Acer*. *Botanical Journal of the Linnean Society* 145: 203-208. doi:10.1111/j.1095-8339.2003.00276.x
- Harper, J.L. 1977. Population biology of plants. Academic Press, London, Reino Unido.
- Hong, T.D., Ellis, R.H. 1996. *Ex situ* biodiversity conservation by seed storage: multiple-criteria to estimate seed storage behaviour. *Seed Science and Technology* 25: 157-161.
- Hong, T.D., Ellis, R.H. 1998. Contrasting seed storage behaviour among different species of Meliaceae. *Seed Science and Technology* 26: 77-95.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 1995. *Climate Change. The Supplementary Report to the IPCC Scientific Assessment*. Cambridge University Press. Cambridge, Reino Unido.
- Ibarra-Manríquez, G., Ramos, M.M., Oyama, K. 2001. Seedling functional types in a lowland rain forest in Mexico. *American Journal of Botany* 88: 1801-1812.
- Janzen, D.H. 1988. Management of habitat fragments in a tropical dry forest: Growth. *Annals of Missouri Botanical Garden* 75: 105-116.
- Kitajima, K., Fenner, M. 2000. Ecology of seedling regeneration. En: Fenner M. (ed.). *Seeds: The Ecology of Regeneration in Plant Communities*, pp. 331-359, (2nd ed). CAB Publishing, Londres, Reino Unido.
- Khurana, E., Singh, J.S. 2001. Ecology of seed and seedling growth for conservation and restoration of tropical dry forest: A review. *Environmental Conservation* 28(1): 39-52.
- Khurana, E., Sagar, R., Singh, J.S. 2006. Seed size: a key trait determining species distribution and diversity of dry tropical forest in northern India. *Acta Oecologica* 29: 196-204. doi:10.1016/j.actao.2005.10.003
- Kröber, W., Böhnke, M., Welk, E., Wirth, C., Bruelheide, H. 2012. Leaf Trait-Environment Relationships in a Subtropical Broadleaved Forest in South-East China. *PLoS ONE* 7: e35742.
- Lavorel, S., Garnier, E. 2002. Predicting changes in community composition and ecosystem functioning from plant traits: Revisiting the Holy Grail. *Functional Ecology* 16: 545-556.
- León-Lobos, P., Way, M., Aranda, P.D., Lima, M. 2012. The role of *ex situ* seed banks in the conservation of plant diversity and in ecological restoration in Latin America. *Plant Ecology and Diversity* 5(2): 245-258. <http://doi.org/10.1080/17550874.2012.713402>
- Lohbeck, M., Lebrija-Trejos, E., Martínez-Ramos, M., Meave, J., Poorter, L., Bongers, F. 2015. Functional Trait Strategies of Trees in Dry and Wet Tropical Forests Are Similar but Differ in Their Consequences for Succession. *PLoS ONE* 10(4): e0123741. doi:10.1371/journal.pone.0123741
- Linares-Palomino, R., Kvist, L.P., Aguirre-Mendoza, Z., Gonzales-Inca, C. 2010. Diversity and endemism of woody plant species in the Equatorial Pacific seasonally dry forests. *Biodiversity and Conservation* 19: 169-185.
- Linares-Palomino, R., Oliveira-Filho, A.T., Pennington, R.T. 2011. Neotropical seasonally dry forests: diversity, endemism and biogeography of woody plants. En: Dirzo, R., Mooney, H., Ceballos, G., Young, H., (eds.), *Seasonally Dry Tropical Forests: Biology and conservation*. Island Press, Washington, Estados Unidos.
- Luck, G.W., Lavorel, S., McIntyre, S., Lumb, K. 2012. Improving the application of vertebrate trait-based frameworks to the study of ecosystem services. *Journal of Animal Ecology* 81: 1065-1076.
- Magnitskiy, S.V., Plaza, G.A. 2007. Fisiología de semillas recalcitrantes de árboles tropicales. *Agronomía Colombiana* 25(1): 96-103.
- Mattana, E., Stuppy, W.H., Fraser, R., Waller, J., Pritchard, H.W. 2014. Dependency of seed dormancy types on embryo traits and environmental conditions in *Ribes* species. *Plant Biology* 16(4): 740-747. doi:10.1111/plb.12115
- Martin, A.C. 1946. The comparative internal morphology of seeds. *The American Midland Naturalist* 36: 513-660.

- Miles, L., Newton, A.C., DeFries, R.S., Ravilious, C., May, I., Blyth, S., Kapos, V., Gordon, J. 2006. A global overview of the conservation status of tropical dry forests. *Journal of Biogeography* 33: 491-505.
- Mittermeier, R.A., Robles, P., Pilgrim, J. 2015. *Hotspots Revisited: Earth's Biologically Richest and Most Endangered Terrestrial Ecoregions*. Conservation International, Washington, Estados Unidos.
- Murphy, P.G., Lugo A.E. 1995. Dry forests of Central America and Caribbean islands. En: Bullock S.H., Mooney, H.A., Medina, E. (eds.). *Seasonally dry tropical forests*, pp 9–34. Cambridge University Press, New York, Estados Unidos.
- Mcintyre, S., Lavorel, S., Landsber, J., Forbes, T.D.A. 1999. Disturbance response in vegetation – towards global perspective on functional traits. *Journal of vegetation Science* 10: 603-762.
- Nikolaeva, M.G. 1999. Patterns of seed dormancy and germination as related to plant phylogeny and ecological and geographical conditions of their habitats. *Russian Journal of Plant Physiology* 46: 432-437.
- Parker, T.A., Carr, J.L. (eds.). 1992. *Status of the forest remnants in the Cordillera de la Costa and Adjacent areas of Southwestern Ecuador*. Rapid Assessment Program Working Paper 2. Conservation International, Washington DC, Estados Unidos.
- Portillo-Quintero, C.A., Sánchez-Azofeifa, G.A. 2010. Extent and conservation of tropical dry forests in the Americas. *Biological Conservation* 143(1): 144-155.
- Pritchard, H.W., Daws, M.I., Fletcher, B.J., Gaméné, C.S., Msanga, H.P., Omondi, W. 2004. Ecological correlates of seed desiccation tolerance in tropical African dryland trees. *American Journal of Botany* 91: 863-870.
- Queenborough, S.A., Mazer, S.J., Vamosi, S.M., Garwood, N.C., Valencia, R., Freckleton, R.P. 2009. Seed mass, abundance and breeding system among tropical forest species: Do dioecious species exhibit compensatory reproduction or abundances? *Journal of Ecology* 97(3): 555-566. <http://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2009.01485.x>
- Rees, M. 1995. Community structure in sand dune annuals: is seed size weight a key quantity?. *Journal Ecology* 83: 857-863.
- Rocha, J.M., Van Lammeren, A.M., Hilhorst, W.M. 2004. Desiccation sensitivity and cell cycle aspects in seeds of *Inga vera* subsp. *affinis*. *Seed Science Research* 14: 165-178. doi:10.1079/SSR2004166.
- Roberts, E.H. 1973. Predicting the storage life of seeds. *Seed Science and Technology* 1: 499-514.
- Roscher, C., Schumacher, J., Gubsch, M., Lipowsky, A., Weigelt, A. 2012. Using plant functional traits to explain diversity–productivity relationships. *PLoS ONE* 7: 1-11.
- Romero-Saritama, J.M. 2015. Rasgos morfológicos de frutos, semillas y embriones de *Cinchona officinalis* L. (Rubiaceae) en el sur del Ecuador. *Revista Ecuatoriana de Medicina y Ciencias Biológicas* 36: 27–35.
- Romero-Saritama, J.M., Pérez-Ruiz, C. 2016. Rasgos morfológicos regenerativos en una comunidad de especies leñosas en un bosque seco tropical tumbesino. *Revista de Biología Tropical / International Journal of Tropical Biology and Conservation* 64: 859-873.
- Sánchez-Azofeifa, A., Kalácska, M., Quesada, M., Calvo-Alvarado, J., Nassar, J., Rodríguez, J. 2005. Need for integrated research for a sustainable future in tropical dry forests. *Conservation Biology* 19: 285-286.
- Simons, A.M., Johnston, M.O. 2000. Variation in seed traits of *lobelia inflata* (campanulaceae): sources and fitness consequences. *American Journal of Botany* 87: 124-132.
- Spitz, J., Ridoux, V., Brind'Amour, A. 2014. Let's go beyond taxonomy in diet description: testing a trait-based approach to prey-predator relationships. *The Journal of Animal Ecology* 83: 1137-1148.
- Scholze, M., Knorr, W., Arnell, N.W., Prentice, I.C. 2006. A climate-change risk analysis for world ecosystems. *The National Academy of Sciences of the USA* 103: 13116-13120.
- Schröter, D., Cramer, W., Leemans, R., Prentice, I.C., Araújo, M.B., Arnell, N.W., et al. 2005. Ecosystem Service Supply and Vulnerability to Global Change in Europe. *Science* 310: 1333-1337.
- Tweddle, J.C., Dickie, J.B., Baskin, C.C., Baskin, J.M. 2003. Ecological aspects of seed desiccation sensitivity. *Journal of Ecology* 91(2): 294-304. doi: 10.1046/j.1365-2745.2003.00760.x
- The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2015.2. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on 27 de Agosto 2015.
- Varela, R.O., Albornoz, P.L. 2013. Morpho-anatomy, imbibition, viability and germination of the seed of *Anadenanthera colubrina* var. *cebil* (Fabaceae). *Revista de Biología Tropical* 61: 1109-1118.
- Vázquez-Yanes, C., Orozco-Segovia, A. 1993. Patterns of seed longevity and germination in the tropical rainforest. *Annual Review of Ecology and Systematics* 24: 69-88.
- Venable, D.L., Brown, J.S. 1988. The selective interactions of dispersal, dormancy, and seed size as adaptations for reducing risk in variable environments. *The American Naturalist* 131: 360-384.
- Violle, C., Navas, M.L., Vile, D., Kazakou, E., Fortunel, C., Hummel, I., Garnier, E. 2007. Let the concept of trait be functional!. *Oikos* 116: 882-892.
- Yates, M.L., Andrew, N.R., Binns, M., Gibb, H. 2014. Morphological traits: predictable responses to macrohabitats across a 300 km scale. *PeerJ*, 2, e271. doi:10.7717/peerj.271.