

REVIEW ARTICLE

# Conservación de semillas: Una alternativa inmediata para almacenar germoplasma forestal y recuperar los bosques secos amenazados del Ecuador

## Seed conservation: An alternative to store germplasm and recover threatened Ecuadorian forests

Jose Miguel Romero-Saritama<sup>1</sup>  
jmromero@utpl.edu.ec

### Resumen

Sudamérica contiene más del 50% de los bosques secos a nivel mundial y están entre los ecosistemas más amenazados del planeta. Por su parte, los bosques secos del Ecuador forman parte de la región Pacífico Ecuatorial, considerada una de las áreas de mayor endemismo y escasamente estudiada en el Neotrópico. La grave alteración de los bosques secos ecuatorianos ha puesto en riesgo la sobrevivencia de 55 especies leñosas endémicas que han sido incluidas en los listados de especies amenazadas. Y lo más preocupante es que el 69% de estas especies no están conservadas en áreas protegidas. Si la deforestación continúa a un ritmo acelerado y los efectos del calentamiento global son evidentes, las especies endémicas de los bosques secos estarían destinadas a la extinción. En el presente trabajo, desde una perspectiva de estudios morfológicos y fisiológicos en semillas de especies leñosas, planteamos una alternativa inmediata para la conservación de especies forestales de bosque seco y su restauración. Basados en las características de las semillas, determinamos que aproximadamente el 90% de las especies forestales puede conservarse *ex situ* a largo plazo. Esta estrategia sería fundamental en zonas donde las áreas protegidas no abarcan la mayor cantidad de especies altamente amenazadas.

**Palabras clave:** Conservación del bosque seco tropical, morfología de semillas, restauración ecológica.

### Abstract

South America contains more than 50% of the world's dry forests, which is among the most threatened ecosystems on the planet. Dry forests of Ecuador are part of the Equatorial Pacific Region, considered of greater endemism and scarcely studied. The severe alteration of Ecuadorian dry forests has put at risk the survival of 62 endemic woody species that had been included in the lists of threatened species. And the most worrying fact is that 69% of these species do not occur in protected areas. If deforestation continues at the present accelerated rate, the effects of global warming will be catastrophic. Endemic species of dry forests would be destined to extinction. In the present work, from a perspective of morphological and physiological studies on seeds of woody species, we propose an immediate alternative for the conservation of dry forest species and their restoration. Based on the characteristics of seeds, we determined that approximately 90% of the forest species could be conserved *ex situ* in the long term. This strategy would be critical in regions where protected areas do not cover the most highly endangered species.

<sup>1</sup> Universidad Técnica Particular de Loja. Departamento de Ciencias Biológicas. San Cayetano Alto s/n.: 11-01-608, Loja, Ecuador.

**Keywords:** Tropical dry forest conservation, seed morphology, ecological restoration.

## Introducción

Globalmente los bosques contienen más del 80% de la biodiversidad terrestre, siendo los bosques tropicales los que albergan más de la mitad de esa diversidad mundial (FAO, 2011; Peres, 2013). Sin embargo, la extensión forestal de los trópicos sigue disminuyendo a causa del rápido cambio climático, la conversión de los bosques a la agricultura y los usos de la tierra relacionados con el crecimiento de la población urbana (Ahrends *et al.*, 2010; DeFries *et al.*, 2010). Según la FAO (2016) durante estos últimos años la pérdida más grande de área de bosque tropical ocurrió en América del Sur y África.

En tal virtud, la conservación de los recursos forestales tropicales se vuelve una acción urgente como parte de la estrategia global para mantener la diversidad vegetal en el tiempo, y por su capacidad de resiliencia ante el cambio climático mundial (Alcázar-Caicedo y Ramíres-Hernandez, 2011). A pesar de los esfuerzos por la creación de áreas protegidas para conservar las especies forestales, en el 2017 según la Asociación Internacional de Jardines Botánicos (BGCI por sus siglas en inglés), 9,600 especies de árboles a nivel global están en algún grado de amenaza, lo que implica un gran desafío de conservación forestal, especialmente en zonas donde la incidencia de la deforestación tiene un alto impacto.

A nivel tropical existen varias estrategias de conservación de las especies forestales, la mayoría de estas se concentran en los bosques lluviosos (Portillo-Quintero y Sánchez-Azofeifa, 2010), aun cuando existen otros ecosistemas tropicales con un mayor número de especies endémicas altamente amenazadas; un ejemplo de ello son los Bosques Secos Tropicales (BST), que históricamente han sido más colonizados y aprovechados debido a las condiciones climáticas favorables para los asentamientos humanos, la agricultura y ganadería.

Los BST representan más del 40% de los bosques tropicales del mundo y cubren grandes áreas en África, Australia, América Central y del Sur, la India y el Sudeste de Asia (Murphy y Lugo, 1986). Son formaciones vegetales típicamente dominadas por árboles de hoja caduca (Sánchez-Azofeifa *et al.*, 2005) y se caracterizan por tener dos estaciones climáticas bien marcadas; una lluviosa donde en cuatro meses los bosques reciben alrededor del 80% de la precipitación anual, alcanzando precipitaciones medias sobre los 200 mm por mes (Maass y Burgos, 2011), y una temporada seca de seis a ocho meses con precipitaciones que totalizan menos de 100 mm (Mooney *et al.*, 1995; Pennington *et al.*, 2000).

Los BST a pesar de su gran importancia han sido afectados por diferentes situaciones antropogénicas, convirtiéndose el 48,5% del bosque seco tropical mundial a otros usos de la tierra. Esto los ha incluido entre los ecosistemas más amenazados y menos protegidos que otros sistemas tropicales terrestres (Gerhardt, 1993; Hoekstra *et al.*, 2005;

Portillo-Quintero y Sánchez-Azofeifa, 2010). En América Latina la transformación de este ecosistema a otro uso corresponde al 66% (Portillo-Quintero y Sánchez-Azofeifa, 2010), siendo América del Sur la que contiene todavía el 54,2% del bosque seco original (Miles *et al.*, 2006; Portillo-Quintero y Sánchez-Azofeifa, 2010). No obstante, es evidente observar la rápida destrucción de estos bosques con tasas anuales de deforestación que superan el promedio general de otros bosques de la región (Portillo-Quintero y Sánchez-Azofeifa, 2010).

A pesar de la conciencia de la rápida deforestación y destrucción de los BST, aún sabemos muy poco sobre el verdadero alcance y el grado de fragmentación actual en el Neotrópico (Portillo-Quintero y Sánchez-Azofeifa, 2010). No obstante, los cambios evidentes en los bosques secos podrían alterar los procesos ecológicos, estructura y dinámica del bosque (Newton y Tejedor, 2011). Si bien, la alta deforestación de los bosques secos generaría grandes daños ecológicos, estos ecosistemas siguen siendo muy importantes en la prestación de servicios tales como la regulación climática y el ciclo del agua (Maass *et al.*, 2005; Lemons, 2006). Y, además, son una fuente sustancial para el aprovechamiento de recursos forestales no maderables por parte de las comunidades humanas que habitan dentro y en los alrededores de este ecosistema.

Basados en la problemática y en la prioridad de conservación de los BST, es 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 que permitan mantener o recuperar los remanentes y estructura de los bosques secos en el tiempo, hasta utilizar estrategias de conservación *ex situ* a largo plazo (Romero-Saritama y Pérez-Ruiz, 2016), que garanticen la conservación de la diversidad genética de estos bosques. Por tal motivo, el objetivo del presente manuscrito es dar una visión bibliográfica general sobre los bancos de semillas forestales, como una de las alternativas poco utilizada, pero con gran potencial de aplicación inmediata para la conservación *ex situ* de germoplasma vegetal de los bosques secos. Además, se pretende analizar la importancia de la conservación de semillas como una herramienta para la recuperación y restauración de los bosques secos ecuatorianos. Los datos presentados en el presente manuscrito, se basan en fuentes de información científica primaria y secundaria, publicada en diferentes bases de datos en línea. Si bien, se hace referencia mayormente a los bosques secos del Ecuador, la información generada podría ser utilizada y analizada como línea base para apoyar procesos de conservación *ex situ* de especies forestales de otras zonas de bosque seco a nivel sudamericano.

## Bosques secos ecuatorianos (BSE)

El bosque seco ecuatoriano (BSE) forma parte de la denominada región Tumbesina o región Pacífico Ecuatorial

que incluye los bosques secos de Ecuador y Perú (Best y Kessler, 1995; Peralvo *et al.*, 2007). Actualmente, según la nueva regionalización del Neotrópico estas zonas están incluidas dentro de la denominada Provincia Ecuatoriana (Morrone, 2014). Pero para efectos del presente trabajo, haremos referencia a región Pacífico Ecuatorial. En cualquiera de las denominaciones, todos los autores concuerdan que esta región es una de las zonas con mayor grado de endemismo en el mundo (Best y Kessler 1995; Davis *et al.*, 1997; Peralvo *et al.*, 2007; Morrone, 2014).

En la región Pacífico Ecuatorial la diversidad de la flora de especies leñosas asciende a 313 especies (Aguirre *et al.*, 2016), de las cuales el 21% son endémicas (Linares-Palomino *et al.*, 2010), e.g. *Erythrina smithiana* KRUKOFF (Fabaceae), *Terminalia valverdeae* A.H. GENTRY (Combretaceae) (León-Yáñez *et al.*, 2011). Es importante considerar que algunas especies endémicas como; *Delostoma gracile* A.H. GENTRY (Bignoniaceae), *Senna macranthera* (DC. ex COLLAD.) H.S. IRWIN & BARNEBY, *Calliandra trinervia* BENTH., *Coursetia grandiflora* BENTH. (Fabaceae) y *Ficus vittata* VÁZQ. ÁVILA (Moraceae), poseen una menor distribución en la región o son restringidas a zonas relativamente pequeñas (Aguirre *et al.*, 2016), siendo importante generar las correspondientes estrategias para su conservación. No obstante, en la región Pacífico Ecuatorial se debe prestar mayor atención y unificar esfuerzos para la conservación inmediata de las especies *Pradosia montana* T.D. PENN. (Sapotaceae) y *Capparis heterophylla* RUIZ & PAV. ex DC. (Capparaceae), consideradas vulnerable y en peligro de extinción respectivamente (IUCN, 2017).

Los bosques secos de Ecuador continental constituyen el 1,4% de bosque seco de la zona neotropical (Portillo-Quintero y Sánchez-Azofeifa, 2010). Este ecosistema se distribuye en la línea costera desde la parte centro-norte hacia el sur occidente del país, y en valles interandinos ubicados desde 1.000-2.600 m. (Sánchez *et al.*, 2005) (Figura 1). Lamentablemente estos bosques se han reducido de su extensión original en más del 70%, y cada día la presión antropológica sobre los bosques secos es mayor, convirtiéndolos en los ecosistemas más fragmentados del país (Sierra *et al.*, 1999; León-Yáñez *et al.*, 2011), al punto de considerarse al Ecuador entre los países con la más baja extensión y alta fragmentación de bosques secos a nivel sudamericano (Portillo-Quintero y Sánchez-Azofeifa, 2010), teniendo como consecuencia inmediata una alta tasa de extinción de especies (Laurance *et al.*, 2002; Rodríguez *et al.*, 2008).

El grave problema de alteración del bosque seco ecuatoriano, ha puesto en juego la supervivencia de muchas especies leñosas endémicas. Aproximadamente, 55 especies leñosas (árboles, arbolito, arbustos y subarbustos) distribuidas en áreas de bosques secos están en algún grado de amenaza (Tabla 1), de las cuales el 49% (27 especies)

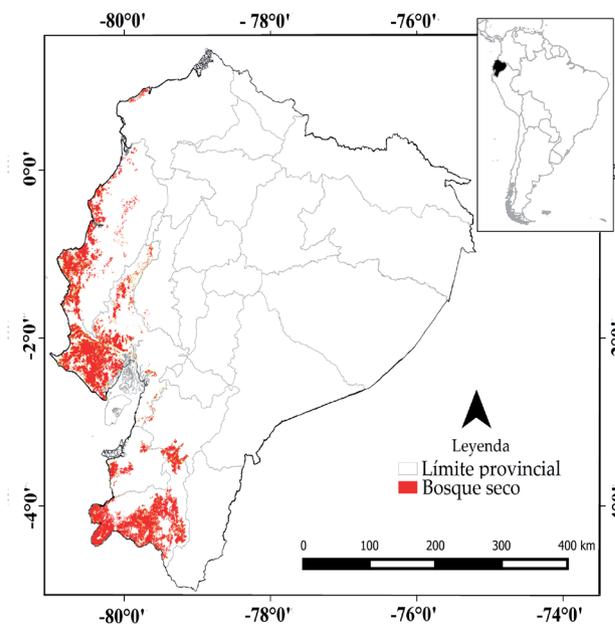


Figura 1. Mapa de la distribución del bosque seco en Ecuador.

Figure 1. Dry forest map from Ecuador.

Fuente: MAE (2013).

se encuentran en peligro crítico. El 38 % (21 especies) en peligro, y el 13% de las especies están en estado vulnerable (datos calculados de León-Yáñez *et al.*, 2011). Esta información resulta muy preocupante para el Ecuador, más aún si toma en cuenta que el 69% de las especies endémicas amenazadas de los bosques secos no forman parte del sistema nacional de áreas protegidas (SNAP), y si no detenemos la deforestación que se encuentra por encima de la media anual reportada para Latinoamérica. Con estos antecedentes, y si los problemas ambientales globales (e.g. Calentamiento global) pronosticados para los próximos años se mantienen, estaremos condenando a una extinción inminente de muchas especies leñosas endémicas de los bosques secos.

Debido al contraste entre el alto endemismo de especies y la fragmentación del bosque seco ecuatoriano, es necesario trabajar urgentemente en la conservación integral y sustentable de este ecosistema, no solo para el mantenimiento de su estructura vegetal y endemismo, sino para la continua provisión de los servicios ecosistemáticos que nos ofrece el bosque seco.

### Estrategias generales de conservación de los bosques secos ecuatorianos

Las opciones de conservación a corto y largo plazo de especies vegetales, todavía sigue siendo un tema de

**Tabla 1.** Listado de especies leñosas endémicas distribuidas en áreas del bosque seco ecuatoriano. Datos obtenidos de León-Yañez *et al.* (2011). Las categorías de amenaza según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN por sus siglas en inglés), CR= Peligro Crítico, EN= En Peligro, VU= Vulnerable. El asterisco (\*) en el nombre de la especie representa que esté posiblemente extinta. Además, se incorpora información sobre la presencia o ausencia de la especie en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador (SNAP)

**Table 1.** List of endemic woody species distributed in areas from Ecuadorian dry forest. Data obtained from León-Yañez *et al.* (2011). The threat categories according to International Union for the Conservation of Nature (IUCN), CR= Critical Endangered. EN= Endangered, VU= Vulnerable. The asterisk (\*) on the name of the species represents that it is possibly extinct. In addition, information is added about the presence or absence of the species in the National System of Protected Areas of Ecuador (SNAP).

Especie	Familia	Hábito de la especie	Categoría de amenaza UICN	Presente en SNAP
<i>Sanchezia lampra</i> LEONARD & L.B. SM.	Acanthaceae	Arbusto	CR	no
<i>Annona manabiensis</i> SAFF. EX R.E. FR.	Annonaceae	Árbol	CR	no
<i>Tournefortia obtusiflora</i> BENTH.*	Boraginaceae	Arbusto	CR	no
<i>Podandrogynne trichopus</i> (BENTH.) H.H. ILTIS & COCHRANE	Capparaceae	Arbusto	CR	si
<i>Acalypha ecuadorica</i> PAX & K. HOFFM.	Euphorbiaceae	Arbusto	CR	no
<i>Acalypha eggersii</i> PAX & K. HOFFM.	Euphorbiaceae	Arbusto	CR	no
<i>Ditaxis macrantha</i> PAX & K. HOFFM.	Euphorbiaceae	Arbusto	CR	no
<i>Phyllanthus millei</i> STANDL.	Euphorbiaceae	Arbusto	CR	no
<i>Bauhinia seminarioi</i> HARMS EX EGGERS	Fabaceae	Arbusto	CR	no
<i>Clitoria andrei</i> FANTZ*	Fabaceae	Arbusto	CR	no
<i>Bauhinia seminarioi</i> HARMS EX EGGERS	Fabaceae	Arbusto	CR	no
<i>Parathesis eggersiana</i> MEZ	Myrsinaceae	Arbusto	CR	no
<i>Eugenia guayaquilensis</i> (KUNTH) DC.*	Myrtaceae	Árbol	CR	no
<i>Piper posciturum</i> TREL. & YUNCK.	Piperaceae	Arbusto	CR	no
<i>Piper manabinum</i> C. DC.	Piperaceae	Arbusto	CR	no
<i>Piper molliusculum</i> SODIRO*	Piperaceae	Arbusto	CR	no
<i>Piper posciturum</i> TREL. & YUNCK.	Piperaceae	Arbusto	CR	no
<i>Piper subnitidifolium</i> YUNCK.	Piperaceae	Arbusto	CR	no
<i>Acanthocladus guayaquilensis</i> B. ERIKSEN & B. STÄHL	Polygalaceae	Arbolito	CR	no
<i>Chomelia ecuadorensis</i> (K. SCHUM. & K. KRAUSE) STEYERM.	Rubiaceae	Árbol	CR	si
<i>Chrysophyllum manabiense</i> T.D. PENN.	Sapotaceae	Árbol	CR	no
<i>Clavija parvula</i> MEZ	Theophrastaceae	Arbusto	CR	no
<i>Aegiphila glomerat</i> BENTH.*	Verbenaceae	Árbol	CR	no
<i>Citharexylum svensonii</i> MOLDENKE	Verbenaceae	arbusto	CR	no
<i>Aegiphila glomerata</i> BENTH.	Verbenaceae	Árbol	CR	no
<i>Citharexylum svensonii</i> MOLDENKE	Verbenaceae	Arbusto	CR	no
<i>Forestiera ecuadoriensis</i> X. CORNEJO & C. BONIFAZ	Oleaceae	Árbol	CR	no
<i>Raimondia conica</i> (RUIZ & PAV. EX G. DON) WESTRA	Annonaceae	Arbolito	EN	si
<i>Raimondia deceptrix</i> WESTRA	Annonaceae	Árbol	EN	si
<i>Klarobelia lucida</i> (DIELS) CHATROU	Annonaceae	Árbol	EN	si
<i>Cynophalla didymobotrys</i> (RUIZ & PAV. EX DC.) CORNEJO & ILTIS	Capparaceae	Árbol	EN	si
<i>Croton eggersii</i> PAX	Euphorbiaceae	arbusto	EN	no
<i>Clitoria brachystegia</i> BENTH.	Fabaceae	Arbusto	EN	no
<i>Inga colonchensis</i> X. CORNEJO & C. BONIFAZ	Fabaceae	Árbol	EN	si
<i>Wissadula divergens</i> (BENTH.) BENTH. & HOOK. F.	Malvaceae	Subarbusto	EN	no
<i>Wissadula diffusa</i> R.E. FRIES	Marantaceae	Arbusto	EN	no
<i>Eugenia churutensis</i> X. CORNEJO	Myrtaceae	Árbol	EN	no
<i>Prigymnanthus apertus</i> (B. STÄHL) P.S. GREEN	Oleaceae	Árbol	EN	si

**Tabla 1.** Continuación.  
**Table 1.** Continuation.

Especie	Familia	Hábito de la especie	Categoría de amenaza UICN	Presente en SNAP
<i>Picramnia tumbesina</i> X. Cornejo	Picramniaceae	Arbolito	EN	si
<i>Talisia bullata</i> Radlk.*	Sapindaceae	Árbol	EN	no
<i>Aloysia dodsoniorum</i> Moldenke	Verbenaceae	Subarbusto	EN	no
<i>Citharexylum quitense</i> Spreng.	Verbenaceae	Arbusto	EN	no
<i>Rinorea deflexa</i> (BENTH.) S.F. BLAKE	Violaceae	arbusto	EN	si
<i>Aphelandra guayasii</i> Wassh.	Acanthaceae	Arbusto	EN	no
<i>Croton churutensis</i> RIINA & X. CORNEJO	Euphorbiaceae	Arbolito	EN	si
<i>Priogymanthus apertus</i> (B. STÄHL) P.S. GREEN	Oleaceae	Árbol	EN	si
<i>Chionanthus colonchensis</i> X.CORNEJO & C.BONIFAZ	Oleaceae	Árbol	EN	no
<i>Croizatia cimallonia</i> C.E. Cerón & G.L. Webster	Euphorbiaceae	arbusto	VU	si
<i>Columnnea schimpffii</i> Mansf.	Gesneriaceae	Arbusto	VU	si
<i>Wigandia ecuadorensis</i> X. Cornejo	Hydrophyllaceae	arbusto	VU	no
<i>Roupala plinervia</i> X.CORNEJO & C.BONIFAZ	Proteaceae	Árbol	VU	si
<i>Galvezia lanceolata</i> Pennell	Scrophulariaceae	arbusto	VU	si
<i>Clavija pungens</i> (WILLD. EX ROEM. & SCHULT.) Decne.	Theophrastaceae	Arbusto	VU	si
<i>Monnina celastroides</i> (Bonpl.) Chodat	Polygalaceae	Subarbusto	VU	no

debate entre los investigadores con argumentos a favor y en contra. Popularmente se conocen dos estrategias de conservación de la diversidad vegetal: Conservación *in situ* (que no se discutirá en este artículo) y conservación *ex situ*. La primera es la más conocida y aplicada en la mayoría de los países latinoamericanos. Tiene como objetivo la conservación y gestión de la diversidad biológica en su hábitat natural (Cochrane *et al.*, 2007). No obstante, los bosques secos neotropicales aún no están significativamente representados en las estrategias de conservación *in situ* (Espinosa *et al.*, 2012), y muchas especies endémicas forestales amenazadas están fuera de las áreas protegidas.

Por su parte la conservación *ex situ* tiene como objetivo mantener los componentes de la diversidad biológica (polen, propágulos vegetativos, tejido o cultivos celulares, plantas vivas, ADN y semillas) fuera de sus hábitats naturales, como complemento de las actividades *in situ* y apoyo a la recuperación de las especies (Cochrane *et al.*, 2007). Por lo tanto, los enfoques de conservación *in situ* y *ex situ* siempre deben considerarse complementarios en lugar de alternativos (Rodríguez-Arévalo *et al.*, 2016).

La conservación *ex situ* incluye algunas técnicas de conservación de las especies vegetales, desde Jardines Botánicos, Arboretos hasta los Bancos de Semillas o de Germoplasma en general, cada uno con sus propios objetivos específicos. Con el pasar del tiempo la conservación *ex situ* ha tomado mayor relevancia, especialmente en los últimos años, al pun-

to que en la Estrategia Mundial para la Conservación de las Plantas (CDB, 2012) en su meta 8 se menciona: “Incluir al menos 75 por ciento de las especies de plantas amenazadas en colecciones *ex-situ*, preferentemente en el país de origen, y al menos 20 por ciento de ellas disponibles para programas de recuperación y regeneración”.

Históricamente la conservación *ex situ* se ha concentrado en los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura y sus parientes silvestres. Sólo algunos Bancos de Germoplasmas (BG) tienen programas activos y exclusivos para la conservación de semillas de la flora silvestre o forestal (León-Lobos *et al.*, 2014). Por tanto, actualmente existe la necesidad imperiosa de conservar las especies silvestres y endémicas de hábitats biodiversos y altamente amenazados por actividades antrópicas (Romero-Saritama y Pérez Ruiz, 2016a), permitiendo así, que la conservación *ex situ* actúe como respaldo para segmentos de diversidad que de otra manera podrían perderse para siempre en la naturaleza y en los ecosistemas dominados por el ser humano (Rodríguez-Arévalo *et al.*, 2016).

En el presente manuscrito nos enfocaremos básicamente a la conservación *ex situ*, especialmente a los Bancos de Germoplasmas, que almacenan exclusivamente semillas como una estrategia para salvaguardar las especies forestales del bosque seco.

*Bancos de Germoplasma (BG)*. Son centros o instituciones relativamente nuevas desde una perspectiva de un marco legal, que surgieron en el siglo XX a raíz del Con-

venio sobre la Diversidad Biológica de 1992 (Pellegrini y Balatti, 2016). Es uno de los enfoques *ex situ* más extendidos y valiosos a nivel mundial para conservar germoplasma vegetal, especialmente semillas, y se han establecido como una medida para proteger la biodiversidad de la destrucción de hábitats naturales (Schoen y Brown, 2001). Actualmente los BG con su programa de almacenamiento de semillas se han convertido en instituciones clave para la conservación, producción y el uso del conocimiento sobre semillas en el mundo (Pellegrini y Balatti, 2016) (Figura 2). Tienen un papel fundamental en el apoyo a las estrategias integradas de conservación y programas de reforestación (Wijdeven y Kuzee, 2000; León-Lobos *et al.*, 2012; Gairola *et al.*, 2013), así como para diferentes proyectos vinculados a investigación, educación y mejoramiento genético (Figura 2).

En Ecuador al igual que otros países sudamericanos, la prioridad de conservación *ex situ* han sido semillas de especies agrícolas. Según el informe de la situación de los recursos genéticos forestales del Ecuador (2012), el Banco

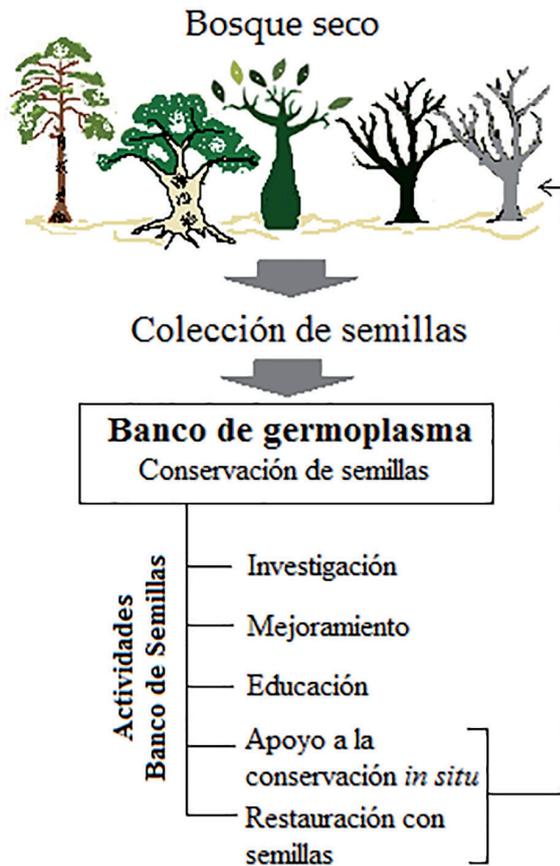
de Germoplasma público, manejado por el Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), conserva alrededor 1800 accesiones, de las cuales solamente 88 accesiones son de semillas de especies forestales. Sin embargo, 20 corresponden a especies del género *Eucalyptus* lo que reduce el número de accesiones almacenadas de especies nativas o endémicas del Ecuador. Otro Banco de Germoplasma que se menciona corresponde al de la Universidad Técnica particular de Loja (UTPL) con más 91 acciones de especies forestales de las cuales la mayoría corresponden a especies distribuidas en los bosques secos. Actualmente el número de accesiones conservadas es mucho mayor.

En Ecuador la conservación de semillas de especies silvestres y forestales no ha constituido una verdadera política de Estado, siendo inexistente una normativa legal y técnica específica para la creación y mantenimiento de BG (o Bancos de semillas) como una alternativa de conservación *ex situ* de las especies presentes en los bosques nativos. Muchas iniciativas para el almacenamiento de semillas forestales han surgido por pocas instituciones (por ejemplo, la UTPL) preocupadas en la conservación y preservación de los recursos genéticos forestales.

Todavía existen muchos vacíos y desafíos para el trabajo en la conservación *ex situ* de especies forestales, lo que ha llevado a la falta de priorización y apoyo para ejecutar programas de conservación de las especies de bosques secos mediante semillas. En la Tabla 2 se detallan algunas razones biológicas-ecológicas, socioeconómicas y administrativas que no han permitido la creación e implementación de Bancos de Semillas de especies forestales de los BSE. Esta problemática también podría ser un factor común para todo el Neotrópico.

Como podemos observar en la Tabla 2, la escasa información e investigación en semillas forestales ha creado una gran brecha de conocimiento para la colección y almacenamiento de las especies de bosque seco. La información biológica generada en otras zonas áridas tropicales no siempre se aplica para todas las especies ni a todas las escalas espaciales, ya sea por la variación en los periodos de lluvia y sequías o por los cambios en los patrones fenológicos de las especies en cada bosque.

A pesar que la colección y almacenamiento de semillas es una estrategia bastante práctica y efectiva para la preservación inmediata de germoplasma forestal, esta es una tarea ardua que involucra conocimiento de varios aspectos en las semillas que recientemente se están generando en las especies de bosque seco.



**Figura 2.** Concepción actual de los bancos de germoplasma que almacenan semillas para apoyar procesos de conservación *in situ* y restauración del bosque seco.

**Figure 2.** Current conception of germplasm banks that store seeds to support *in situ* conservation processes and dry forest restoration.

### Características de las semillas de especies forestales de los bosques secos

El almacenamiento de semillas permite la reserva de grandes cantidades de material genético en un espacio pe-

**Tabla 2.** Razones principales que influyen en la implementación de bancos de semillas de especies forestales.  
**Table 2.** Main reasons that influence in the implementation of seed banks of forest species.

Razón	Detalle
Falta de recursos económicos	El costo para la conservación <i>ex situ</i> sería del 1% de lo que implica conservar <i>in situ</i> (Li y Pritchard, 2009; Rodríguez-Arévalo <i>et al.</i> , 2016). No obstante, no existen presupuestos estatales destinados para la creación y mantenimiento a largo plazo de nuevas estructuras de conservación de semillas, y el financiamiento internacional para conservación <i>ex situ</i> es escaso o simplemente no existe.
Poco personal capacitado	Excepto del personal del INIAP y del Banco de Semillas de la UTPL, no se conoce profesionales capacitados o con estudios de cuarto nivel especializados en temas relacionados con la conservación de semillas de especies forestales.
Escasa producción científica sobre semillas	Recién a partir del 2011 se han publicado artículos científicos sobre semillas de especies forestales de los bosques secos ecuatorianos, destacándose Jara-Guerrero <i>et al.</i> , (2011), Romero-Saritama (2016), Romero-Saritama y Pérez Ruiz (2016a), Romero-Saritama y Pérez Ruiz (2016b) y Romero-Saritama <i>et al.</i> (2016).
Desconocimiento de los periodos fenológicos	No existe información disponible de las temporadas y patrones de producción frutos, las pequeñas colecciones se han basado en conocimientos empíricos de la gente de las comunidades que habitan en el bosque.
Falta de información fisiológica de las semillas.	El grado de tolerancia a la desecación de semillas ha sido escasamente estudiado en especies leñosas de los bosques secos, por lo tanto, se desconoce en muchas especies cuales de ellas son ortodoxas o recalcitrantes.
Dificultad y limitaciones en la colección <i>in situ</i> de semillas	La orografía irregular del bosque, el número de semillas producidas por fruto en las especies, la altura de los árboles y los pocos individuos por hectárea, dificultan y duplican enormemente el tiempo dedicado a la colección de semillas y en muchos de los casos es necesario personal capacitado y el uso de herramientas y equipos para la colección de las semillas en la copa de los árboles (Romero-Saritama y Pérez Ruiz, 2016b).

queño y con un mínimo riesgo de daño genético (Iriondo y Pérez, 1999). Proporcionan una fuente vital de material para ayudar en la restauración ecológica de los hábitats degradados (Maunder *et al.*, 2001). Sin embargo, no todas las especies se pueden conservar mediante semillas; es necesario primeramente conocer aspectos fisiológicos y características morfológicas que permitan identificar su capacidad y comportamiento de conservación *ex situ*.

### **Características fisiológicas de las semillas que permiten su conservación**

Para garantizar la conservación de semillas a largo plazo, estas deben tolerar la desecación y sobrevivir con bajos contenidos de humedad (entre 3 y 7%; Roberts, 1973). Las semillas que cumplen estas condiciones se denominan ortodoxas y pueden sobrevivir almacenadas por mucho tiempo en condiciones de bajas temperaturas (Roberts, 1973).

En cambio, las semillas que no sobreviven el proceso de deshidratación y su almacenamiento se vuelve difícil por largos periodos tiempo se consideran recalcitrantes (Roberts, 1973). En los BST la información sobre el nivel de tolerancia a la deshidratación en la mayoría de las especies es desconocida, existiendo un gran potencial de investigación en este campo.

No obstante, estudios realizados en otros sistemas secos tropicales han permitido inferir que la mayoría de especies de BS podrían soportar la desecación (Tweddle *et al.*, 2003). Sin embargo, la información es referida desde pocas especies y de aquellas de interés para la explotación forestal (Vozzo, 2002). En Ecuador no se evidencian estudios publicados sobre tolerancia a la desecación de semillas de las especies de los bosques secos, lo que conlleva al desconocimiento de las especies o que proporción de ellas produce semillas ortodoxas o recalcitrantes en el bosque seco.

Si bien, la falta de información científica para la conservación de las semillas es evidente, las mismas condi-

ciones ambientales del bosque seco han permitido que las semillas de muchas especies luego de su proceso de dispersión natural, presenten determinadas características que las hacen potenciales para su conservación *ex situ*. En la Tabla 3, se muestran las características morfofisiológicas que se han identificado en semillas de especies de bosque seco que permiten inferir su comportamiento de conservación *ex situ*.

### **Características morfológicas de las semillas que permiten inferir su conservación**

Estudios fisiológicos para determinar si las semillas son ortodoxas o recalcitrantes puede llevar mucho tiempo, más aún en zonas donde los especialistas son escasos y los recursos económicos limitados. Ante este inconveniente, los estudios morfológicos pueden aportar con información importante que permita inferir el comportamiento de conservación de las semillas. Según Tompsett (1984), Pritchard *et al.* (2014) y Romero-Saritama y Pérez-Ruiz (2016a), el tamaño, peso, y forma de las semillas son características morfológicas que se pueden relacionar con el comportamiento de conservación (ortodoxo/recalcitrante). Basados en las características morfológicas determinadas por Romero-Saritama y Pérez-Ruiz (2016a) y Romero-Saritama (2016) en semillas de especies leñosas en un bosque seco del Ecuador, podemos deducir cuales de ellas confieren información de su posible comportamiento ortodoxo o recalcitrante, y así deducir la capacidad de conservación *ex situ* de las especies leñosas de los bosques secos tropicales (Tabla 3).

Cómo se puede observar en la Tabla 3, las semillas de la mayoría de especies de bosque seco presentan características morfológicas y fisiológicas que les permiten tener gran potencial para su almacenamiento a largo plazo sin que estas pierdan su viabilidad. Esta capacidad de las semillas debería ser aprovechada para lograr la conservación *ex situ* de las especies, de tal manera que se complemente el trabajo y ciclo de la conservación *in situ* de los bosques secos altamente amenazados.

### **Conservación de semillas y su implicación en la restauración de los bosques secos**

El futuro a largo plazo de la biología de la conservación es la restauración ecológica de los hábitats degradados (Young, 2000). El objetivo de la reintroducción de especies y restauración de hábitats es disminuir el riesgo de extinción y alentar la recuperación de las especies. En algunos casos, es la única opción para la supervivencia de las plantas amenazadas en su hábitat natural a corto tiempo (Cochrane *et al.*, 2007). A nivel mundial muchas

son las organizaciones y gobiernos que están trabajando para restaurar bosques y paisajes degradados. Estas iniciativas necesitan grandes cantidades de semillas y plántulas de especies arbóreas, que en muchos de los casos no están disponibles.

Los estudios de restauración se han centrado en mecanismos de regeneración natural. Sin embargo, los resultados indican que el número de especies leñosas y la cantidad de semillas almacenadas en el suelo son relativamente bajos, lo que resulta una gran limitante para la regeneración natural de los bosques (Wijdeven y Kuzee, 2000). En tal virtud es necesario complementar mediante la siembra directa de semillas o plántulas (Uasuf *et al.*, 2009). Es aquí, cuando la creación de los BG es importante, estos se convertirían en los abastecedores permanentemente de semillas de las especies a reforestar. Por lo tanto, los BG deben ser concebidos como verdaderos centros de apoyo y nexo de todas las actividades de conservación, hasta el uso de las semillas en los procesos de recuperación de los bosques secos degradados. Sin embargo, muchas de las veces, para que los Bancos de Semillas cumplan con la demanda de semillas de todas las especies, es necesario fortalecer su accionar, creando una red de Bancos de Semillas a nivel nacional con el apoyo del Gobierno y diferentes organizaciones interesadas en la conservación *ex situ*, sin dejar de lado la participación activa de las comunidades que habitan o hacen uso de los bosques.

El material que proporciona los Bancos de Semillas es material de calidad, con información de origen y aspectos fisiológicos que permite aumentar el éxito de los esfuerzos de recuperación de las especies (Monks y Coates 2000; Guerrant y Raven, 2003), y en situaciones extremas el material conservado *ex situ* ha sido utilizado en la recuperación de las especies cuando las poblaciones naturales se han extinguido (Maunder *et al.*, 2001). A nivel mundial los Bancos de Semillas están apoyando directa e indirectamente la reintroducción de especies amenazadas, contribuyendo en la supervivencia de las poblaciones de plantas silvestres (Guerrant 1996; Guerrant y Pavlik, 1998; Guerrant y Raven, 2003). Un ejemplo claro de la importancia del almacenamiento de semillas para la reforestación es el Centro de Semillas Nativas Amazonas (CSNAM) de la Universidad Federal do Amazonas Manaus (UFAM), establecido en 2001 con el Estado y el apoyo gubernamental. Éste banco produce y suministra permanentemente semillas de especies nativas para programas de restauración en áreas de reserva forestal y otras áreas restringidas que han sido dañadas por la explotación de la madera y los minerales.

El conocimiento sobre el éxito de la restauración de los BST no ha sido bien desarrollado, y los procedimientos de restauración conocidos deben adaptarse correctamente a las condiciones de éste ecosistema y no seguir formulas desarrolladas para otros bosques (Vieira y Scariot, 2006;

**Tabla 3.** Características de las semillas de especies leñosas de bosque seco que permiten inferir su comportamiento de conservación *ex situ*.

**Table 3.** Seed characteristics of the woody species from dry forest that allow to infer their *ex situ* conservation behavior.

Característica	Fundamento
Bajo contenido de humedad de las semillas al momento de dispersarse	El desarrollo de las semillas bajo condiciones de altas temperaturas en los bosques secos permite su deshidratación natural durante la maduración, teniendo como consecuencia semillas con bajos contenidos de humedad al momento de su dispersión natural (Bewley y Black, 1994). Esta característica aumenta su probabilidad de almacenamiento por largo tiempo.
Alto porcentaje de especies con semillas durmientes	Estimaciones del estado de dormición de las semillas en zonas áridas señalan que entre el 60 - 76 % de las especies producen semillas con algún tipo de dormición (Baskin y Baskin, 2014). La dormición es un indicador de sobrevivencia a largo plazo de las semillas.
Pequeño tamaño (largo y ancho) de semillas	Semillas con tamaños mayores a 17 mm de largo han sido consideradas como recalcitrantes (Daws <i>et al.</i> , 2005). El tamaño promedio de semillas de las especies de bosque seco oscila entre 10 x 6 mm de largo y ancho respectivamente (Romero-Saritama y Pérez Ruiz, 2016b). A parte de algunas excepciones, la mayoría de las especies de bosque seco por su tamaño presentarían semillas con tendencia ortodoxa.
Masa de semillas	Dickie y Prichard (2002) identificaron que semillas con pesos mayores a 3 gramos son más propensas a ser recalcitrantes. En el bosque seco, la mayoría de las especies presentan semillas con masa menor a 3 gramos.
Embriones desarrollados	Lo mayoría de especies de bosque seco producen embriones desarrollados evolutivamente, esta característica ha sido una adaptación para soportar y sobrevivir condiciones ambientales estacionales, en este caso las de bosque seco.

Pandey y Prakash, 2014). Si queremos establecer programas de restauración de los BST debemos crear primero las herramientas necesarias para su implementación, la sola creación de Bancos de Germoplasma como abastecedores de semillas de pocas especies no es suficiente, se debe procurar almacenar la mayor cantidad de semillas y un alto porcentaje de las especies del bosque seco, teniendo como eje transversal el conocimiento de la morfología y fisiología de las semillas que garantice su real conservación a largo plazo y su posterior uso en la restauración de los BST.

### Consideraciones finales

Los BG deben ser considerados como reservorios *ex situ* de genes de la diversidad vegetal de los remanes boscosos cuando su conservación *in situ* no ha sido suficiente y efectiva. Son la mejor opción de aplicación inmediata para contrarrestar la eminente extinción de las especies forestales en un futuro cercano. El material almacenado en los BG, son fuente de información con gran potencial para la investigación científica de especies poco o nada estudiadas en los BST. Con la información que se puede generar en los BG, aumentaría nuestro conocimiento acerca de los procesos conservación *ex situ* de las especies y recuperación *in situ* de las poblaciones de especies altamente amenazadas en los diferentes ecosistemas secos tropicales.

El gran potencial de almacenamiento a largo plazo que tienen las semillas de la mayoría de las especies del BST (aproximadamente el 90%), por su posible comportamiento ortodoxo basado en las características morfológicas y fisiológicas de las semillas, es una oportunidad que se debería aprovechar para la realización de programas de colección y conservación *ex situ*, permitiendo complementar así el poco trabajo de conservación *in situ* que se realiza de los remanes de bosque seco. Por lo tanto, en países como Ecuador, donde los bosques secos están fuertemente amenazados, la creación y mantenimiento de los Bancos de Semillas debe ser una prioridad y política de estado, que cuente con una legislación clara y pertinente que permita solventar las necesidades urgentes de conservación *ex situ*. El apoyo por parte del Estado, y el trabajo conjunto con diferentes instituciones preocupadas por la conservación de los bosques secos y que cuentan con Bancos de Semillas también es fundamental, estas instituciones al constituirse en custodios de la diversidad vegetal de una región, contribuyen al cumplimiento de la responsabilidad que tienen los país de conservar sus especies y sobre todo apoyar al compromiso de aportar con el cumplimiento de la meta 8 de la Estrategia Mundial para la Conservación de las Plantas (CDB, 2012).

Si consideramos a la conservación y restauración del bosque seco como una acción prioritaria, la demanda local

## Referencias

de semillas de las especies de este ecosistema crecerá, y la importancia del almacenamiento se reestablecerá como fuente de información y con material de apoyo para la restauración y reintroducción de especies de los bosques secos. De allí, la necesidad imperiosa de crear más Bancos de Germoplasma y apoyar la generación de una red de Bancos de Semillas a nivel del país y de toda la región del pacífico que comparten especies comunes, permitiendo así el intercambio de experiencias y copias de respaldos de semillas. Sin embargo, el proceso de conservación *ex situ* de semillas no tendría éxito y sentido, si dentro del proceso no se incorporan la participación activa de las comunidades rurales que habitan y hacen uso del bosque. Se necesita de un esfuerzo coordinado entre todos los entes involucrados en el ciclo de colección y almacenamiento de semillas.

Trabajar conjuntamente con la gente de las comunidades que hacen uso del bosque y que están en constante relación con la diversidad vegetal, no solamente optimiza el proceso de colección de semillas para su almacenamiento en los Bancos de Germoplasmas, es la oportunidad de convertir a las comunidades en entes activos en el proceso de conservación otorgándoles el rol de abastecedores de semillas, lo que significaría un nuevo ingreso económico al momento de la colección, de tal manera que se diversifiquen las actividades sostenibles de su subsistencia y que no estén enmarcadas solamente en la agricultura y ganadería que han sido las grandes causas de la deforestación del bosque seco.

Finalmente, los Bancos de Germoplasma o Bancos de Semillas permiten solventar la falta de control de la procedencia, la calidad de las semillas y sobre todo la falta de información morfológica y fisiológica de las semillas para llevar a cabo las iniciativas de reforestación, que muchas de las veces se han visto afectadas por no contar con la información correspondiente. Por las condiciones actuales de fragilidad, fragmentación y deforestación de los bosques secos ecuatorianos y tropicales en general, la gestión adecuada para la implementación de los Bancos de Semillas se convierte en una de las opciones inmediata, más viables y prácticas para almacenar germoplasma de las especies vegetales de los bosques secos, y son la herramienta central para apoyar procesos de recuperación de las especies *in situ*.

## Agradecimientos

A todas las personas que trabajan en la conservación *ex situ* de semillas de especies forestales que han inspirado este trabajo. Agradecimiento especial para Andrea Jara Guerrero por las sugerencias iniciales al manuscrito. A Fabián Reyes Bueno por la elaboración del mapa de distribución del bosque seco en Ecuador. Y a los revisores anónimos que con sus comentarios aumentaron la calidad del manuscrito.

- AGUIRRE, Z.; LINARES-PALOMINO, R.; KVIST, L.P. 2006. Especies leñosas y formaciones vegetales en los bosques estacionalmente secos de Ecuador y Perú. *Arnaldoa*, **13**(2):324-350.
- AHRENS A.; BURGESS N.D.; MILLEDGE, S.A.; BULLING, M.T.; FISHER, B.; SMART, J.C.; CLARKE, G.P.; MHORO, B.E.; LEWIS, S.L. 2010. Predictable waves of sequential forest degradation and biodiversity loss spreading from an African city. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **107**(33):14556-14561. <https://doi.org/10.1073/pnas.0914471107>
- ALCÁZAR-CAICEDO, C.; RAMÍREZ-HERNÁNDEZ, W. 2011. El uso de rasgos funcionales en flora como herramienta para establecer prioridades de conservación. Suplemento 5. In: G. CORZO; M.C. LONDOÑO-MURCIA; W. RAMÍREZ; H. GARCÍA; C. LASSO (ed.), *Planeación ambiental para la conservación de la biodiversidad en las áreas operativas de Ecopetrol S.A. localizadas en el Magdalena Medio y los Llanos Orientales de Colombia*. Bogotá D.C., Instituto Alexander von Humboldt y Ecopetrol S.A., p. 216-222.
- BASKIN, C.C.; BASKIN, J.M. 2014. *Seeds: Ecology, biogeography and evolution of Dormancy and Germination*. 2<sup>nd</sup> ed., Kentucky, Elsevier, 1586 p.
- BEST, B.J.; KESSLER, M. 1995. *Biodiversity and Conservation in Tumbesian Ecuador and Peru*. Cambridge, BirdLife International, 218 p.
- BEWLEY, J.D.; BLACK, M. 1994. *Seeds Physiology of Development and Germination*. 2<sup>nd</sup> ed., New York, Plenum press, 421 p.
- COCHRANE, J.A.; CRAWFORD, A.D.; MONKS L.T. 2007. The significance of *ex situ* seed conservation to reintroduction of threatened plants. *Australian Journal of Botany*, **55**(3):356-361. <https://doi.org/10.1071/BT06173>
- CONVENTION ON BIOLOGICAL DIVERSITY (CBD). 2012. *Global Strategy for Plant Conservation 2011-2020*. Richmond, Botanic Gardens Conservation International, 8 p.
- DAVIS, S.; HEYWOOD, V.H.; HAMILTON, A.C. (ed.). 1997. *Centres of plant diversity. Vol. 3: The Americas*. WWF and IUCN, World Conservation Union, 578 p.
- 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**(5):874-885. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2435.2005.01034.x>
- DEFRIES R.S.; RUDEL, T.; URIARTE, M.; HANSEN, M. 2010. Deforestation driven by urban population growth and agricultural trade in the twenty-first century. *Nature Geoscience*, **3**:178-181. <https://doi.org/10.1038/ngeo756>
- DICKIE, J.B.; PRITCHARD, H.W. 2002. Systematic and evolutionary aspects of desiccation tolerance in seeds. In: M. BLACK; H.W. PRITCHARD (ed.), *Desiccation and Survival in Plants: Drying without Dying*. Wallingford, CAB International, p. 239-259. <https://doi.org/10.1079/9780851995342.0239>
- ESPINOSA, C.I.; DE LA CRUZ, M.; LUZURIAGA, L.; ESCUDERO, A. 2012. Bosques tropicales secos de la región Pacífico Ecuatorial: diversidad, estructura, funcionamiento e implicaciones para la conservación. *Ecosistemas*, **21**(2):167-179.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). 2011. *Situación de los bosques del mundo 2011*. Roma. Disponible en: [www.fao.org/docrep/013/i2000s/i2000s.pdf](http://www.fao.org/docrep/013/i2000s/i2000s.pdf). Acceso el: 17/04/2017.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. 2016. *Evaluación de los recursos forestales mundiales 2015*. 2<sup>a</sup> ed., Roma. Disponible en: [www.fao.org/3/a-i4793s.pdf](http://www.fao.org/3/a-i4793s.pdf). Acceso el: 17/04/2017.
- GAIROLA, S.; MAHMOUD, T.; BHATT, A.; EL-KEBLAWY, A.A. 2013. Importance of seed banking and herbarium collections in biodiversity conservation and research: A new initiative in the united Arab

- Emirates. *Current Science*, **105**(8):1048-1050.
- GERHARDT, K. 1993. Tree seedling development in tropical dry abandoned pasture and secondary forest in Costa Rica. *Journal of Vegetation Science*, **4**(1):95-102. <https://doi.org/10.2307/3235736>
- GUERRANT, E.O. 1996. Experimental reintroduction of *Stephanomeria malheurensis*. In: D.A. FALK; C.I. MILLAR; M. OLWELL (ed.), *Restoring diversity. Strategies for reintroduction of endangered plants*. Washington, DC, Island Press, p. 399-402.
- GUERRANT, E.O.; PAVLIK, B.M. 1998. Reintroduction of rare plants: genetics, demography, and the role of *ex-situ* conservation methods. In: P.L. FIEDLER; P. KAREIVA (ed.), *Conservation biology for the coming decade*. New York, Chapman and Hall, p. 80-108.
- GUERRANT, E.O.; RAVEN, A. 2003. Supporting in situ conservation: the Berry Botanic Garden, an *ex situ* regional resource in an integrated conservation community. In: R.D. SMITH; J.B. DICKIE; S.H. LININGTON; H.W. PRITCHARD; R.J. PROBERT (ed.), *Seed conservation. Turning science into practice*. Kew, London, The Royal Botanic Gardens, p. 879-896.
- HOEKSTRA, J.; BOUCHER, T.; RICKETTS, T.; ROBERTS, C. 2005. Confronting a biome crisis: global disparities of habitat loss and protection. *Ecology Letters*, **8**(1):23-29. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2004.00686.x>
- INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE (IUCN). 2017. The IUCN *Red List of Threatened Species*. Version 2017-2. Disponible en: [www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org). Accessed on: September 27, 2017.
- IRIONDO, J.M.; PÉREZ, A.C. 1999. Propagation from seeds and seed preservation. In: B.G. BOWEN (ed.), *A colour atlas of plant propagation and conservation*. London, Manson Publishing Ltd, New York Botanical Garden Press, p. 46-57.
- JARA-GUERRERO, A.; DE LA CRUZ, M.; MÉNDEZ, M. 2011. Seed Dispersal Spectrum of Woody Species in South Ecuadorian Dry Forests: Environmental Correlates and the Effect of Considering Species Abundance. *Biotropica*, **43**(3):722-730. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2011.00754.x>
- LAURANCE, W.F.; ALBERNAZ, A.K.; SCHROTH, G.; FEARNSIDE, P.M.; BERGEN, S.; VENTICINQUE, E.M.; DA COSTA, C. 2002. Predictors of deforestation in the Brazilian Amazon. *Journal of Biogeography*, **29**(5):737-748. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2699.2002.00721.x>
- LEMONS, J. 2006. Conserving dryland biodiversity: science and policy. Science and Development Network, Policy Briefs. *SciDevNet*. <http://www.scidev.net/en/policy-briefs/conserving-dryland-biodiversity-science-and-policy.html>. Acceso el: 17/04/2017.
- 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. <https://doi.org/10.1080/17550874.2012.713402>
- LEÓN-YÁNEZ, S.; VALENCIA, R.; PITMAN, N.; ENDARA, L.; ULLOA ULLOA, C.; NAVARRETE H. (ed.). 2011. *Libro rojo de las plantas endémicas del Ecuador*. 2ª ed., Publicaciones del Herbario QCA, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, 953 p.
- LI, D.Z.; PRITCHARD, H.W. 2009. The science and economics of *ex situ* plant conservation. *Trends in Plant Science*, **14**(11):614-621. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2009.09.005>
- LINARES-PALOMINO, R.; KVIST, L.P.; AGUIRRE-MENDOZA, Z.; GONZALES-INCA, C. 2009. Diversity and endemism of woody plant species in the Equatorial Pacific seasonally dry forests. *Biodiversity and Conservation*, **19**(1):169-185. <https://doi.org/10.1007/s10531-009-9713-4>
- MAASS, M.; BURGOS, A. 2011. Water Dynamics at the Ecosystem Level in Seasonally Dry Tropical Forests. In: R. DIRZO; H.S. YOUNG; H.A. MOONEY; G. CEBALLOS (ed.), *Seasonally dry tropical forests: Ecology and conservation*. Washington, DC, Island Press. All., p. 141-156. [https://doi.org/10.5822/978-1-61091-021-7\\_9](https://doi.org/10.5822/978-1-61091-021-7_9)
- MAASS, M.; BALVANERA P.; CASTILLO, A.; DAILY, G.C.; MOONEY, H.A.; EHRlich, P.; QUESADA, M.; MIRANDA, A.; JARAMILLO, V.J.; GARCÍA-OLIVA, F.; MARTÍNEZ-YRIZAR, A.; COTLER, H.; LÓPEZ-BLANCO, J.; PÉREZ-JIMÉNEZ, A.; BÚRQUEZ, A.; TINOCO, C.; CEBALLOS, G.; BARRAZA, L.; AYALA, R., SARUKHÁN, J. 2005. Ecosystem Services of Tropical Dry Forests: Insights from Long-term Ecological and Social Research on the Pacific Coast of Mexico. *Ecology and Society*, **10**(1):17. Disponible en: <http://www.ecologyandsociety.org/vol10/iss1/art17/>. Acceso el: 05/03/2017.
- MAUNDER, M.; GUERRANT, E.O.; HAVENS, K.; DIXON, K. 2004. Realizing the full potential of *ex situ* contributions to global plant conservation. In: E.O. GUERRANT JR; K. HAVENS; M. MAUNDER (ed.), *Ex Situ Plant Conservation: Supporting Species Survival in the Wild*. Washington, DC, Island Press, p. 389-418.
- MAUNDER, M.; LYTE, B.; DRANSFIELD, J.; BAKER, W. 2001. The conservation value of botanic garden palm collections. *Biological Conservation*, **98**(3):259-271. [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(00\)00160-9](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(00)00160-9)
- MILES, L.; NEWTON, A.C.; DEFRIES, R.S.; RAVILIOUS, C.; MAY, I.; BLYTH, S.; KAPOV, V.; GORDON, J. 2006. A global overview of the conservation status of tropical dry forests. *Journal of Biogeography*, **33**(3):491-505. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2005.01424.x>
- MINISTERIO DEL AMBIENTE (MAE). 2013. *Proyecto Mapa de Vegetación del Ecuador Continental*. Quito, Ministerio del Ambiente, 332 p.
- MONKS, L.; COATES, D. 2002. The translocation of two critically endangered Acacia species. *Conservation Science Western Australia*, **4**(3):54-61.
- MOONEY, H.A.; BULLOCK, S.H.; MEDINA, E. (ed.). 1995. *Seasonally dry tropical forests*. Cambridge, Cambridge University Press, 450 p.
- MORRONE, J.J. 2014. Biogeographical regionalization of the Neotropical region. *Zootaxa*, **3782**:1-110. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3782.1.1>
- MURPHY, P.; LUGO, A. 1986. Ecology of tropical dry forest. *Annual Review of Ecology and Systematics*, **17**:67-88. <https://doi.org/10.1146/annurev.es.17.110186.000435>
- NEWTON, A.C.; TEJEDOR, N. (ed.). (2011). *Principios y Práctica de la Restauración del Paisaje Forestal: Estudios de caso en las zonas secas de América Latina*. UICN, Gland, Suiza y Fundación Internacional para la Restauración de Ecosistemas (FIRE). Madrid, UICN, 436 p.
- PANDEY, D.N.; PRAKASH, N.P. 2014. *Tropical Dry Forest Restoration: Science and Practice of Direct Seeding in a Nutshell*. The Rajasthan State Pollution Control Board, Occasional Paper, 7:3-19.
- PELLEGRINI, P.A.; BALATTI, G.E. 2016. Noah's arks in the XXI century. A typology of seed banks. *Biodiversity and Conservation*, **25**(13):2753-2769. <https://doi.org/10.1007/s10531-016-1201-z>
- PENNINGTON, R.T.; PRADO, D.E.; PENDRY, C.A. 2000. Neotropical seasonally dry forests and quaternary vegetation changes. *Journal of Biogeography*, **27**(2):261-273. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2699.2000.00397.x>
- PERALVO, M.; SIERRA, R.; YOUNG, K.R.; ULLOA-ULLOA, C. 2007. Identification of biodiversity conservation priorities using predictive modeling: an application for the equatorial pacific region of South America. *Biodiversity and Conservation*, **16**(9):2649-2675. <https://doi.org/10.1007/s10531-006-9077-y>
- PERES, C.A. 2013. Biodiversity Conservation Performance of Sustainable-Use Tropical Forest Reserves. In N.S. SODHI; L. GIBSON; P.H. RAVEN (ed.), *Conservation Biology: Voices from the Tropics*. Chichester, Wiley-Blackwell, p. 245-253. <https://doi.org/10.1002/9781118679838.ch29>
- PORTILLO-QUINTERO, C.; SÁNCHEZ-AZOFEIFA, G. 2010. Extent and conservation of tropical dry forests in the Americas. *Biological Conservation*, **143**(1):144-155. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.09.020>
- PRITCHARD, H.W.; MOAT, J.F.; FERRAZ, J.B.; MARKS, T.R.; CAMARGO, J.L.; NADARAJAN, J.; FERRAZ, I.D. 2014. Innovative approaches to the preservation of forest trees. *Forest Ecology and Management*, **333**(2014):88-98. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2014.08.012>
- ROBERTS, E.H. 1973. Predicting the storage life of seeds. *Seed Science and Technology* **1**:499-514.
- RODRÍGUEZ, J.P.; NASSAR, J.M.; RODRÍGUEZ-CLARK, K.M.; ZAGER, I.; PORTILLO-QUINTERO, C.A.; CARRASQUEL, F.; ZAM-

- BRANO, S. 2008. Tropical dry forests in Venezuela: Assessing status, threats and future prospects. *Environmental Conservation*, **35**(4):311-318. <https://doi.org/10.1017/S0376892908005237>
- RODRÍGUEZ-ARÉVALO, I.; MATTANA, E.; GARCÍA, L.; LIU, U.; LIRA, R.; DÁVILA, P.; ULIAN, T. 2016. Conserving seeds of useful wild plants in Mexico: main issues and recommendations. *Genetic Resources and Crop Evolution*, **64**(6):1141-1190.
- ROMERO-SARITAMA, J.M. 2016. Caracterización morfofisiológica de semillas de especies leñosas distribuidas en dos zonas secas presentes en el Sur del Ecuador. *Ecosistemas*, **25**(2):93-100. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2016.25-2.12>
- ROMERO-SARITAMA, J.M.; ORELLANA-ARMIJOS, V.B.; BALSECA-RUIZ, M.J. 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://doi.org/10.5154/r.rchsza.2016.05.004>
- ROMERO-SARITAMA, J.M.; PÉREZ-RÚIZ, C. 2016a. 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**(2):859-873. <https://doi.org/10.15517/rbt.v64i2.20090>
- ROMERO-SARITAMA, J.M.; PÉREZ RUIZ, C. 2016b. 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. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2016.25-2.07>
- SANCHEZ-AZOFEIFA, G.A.; QUESADA, M.; RODRIGUEZ, J.P.; NASSAR, J.M.; STONER, K.E.; CASTILLO, A.; GARVIN, T.E.; ZENT, L.; CALVO-ALVARADO, J.C.; KALACSKA, M.E.; FAJARDO, L.; GAMON, J.A.; CUEVAS-REYES, P. 2005. Research priorities for Neotropical dry forests. *Biotropica*, **37**(4):477-485.
- SCHOEN, D.J.; BROWN, A.H. 2001. The conservation of wild plant species in seed banks. *Bioscience*, **51**(11):960-966. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2001\)051\[0960:TCOWPS\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2001)051[0960:TCOWPS]2.0.CO;2)
- SIERRA, R.; CAMPOS, F.; CHAMBERLIN, J. 1999. *Áreas prioritarias para la conservación de la biodiversidad en el Ecuador continental. Un estudio basado en la biodiversidad de ecosistemas y su ornitofauna*. Quito, Proyecto INEFAN, GEF-BIRF, EcoCiencia y Wildlife Conservation Society, 171 p.
- TOMPSETT, P.B. 1984. Desiccation studies in relation to the storage of Araucaria seed. *Annals of Applied Biology*, **105**(3):581-586. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1984.tb03085.x>
- 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. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2745.2003.00760.x>
- UASUF, A.; TIGABU, M.; ODEN, P.C. 2009. Soil seed banks and regeneration of Neotropical dry deciduous and gallery forests in Nicaragua. *Bois et forêts des Tropiques*, **299**(1):49-62. <https://doi.org/10.19182/bft2009.299.a20422>
- The IUCN Red List of Threatened species (IUCN). 2017. Versión 2017-3. Disponible en: [www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org). Acceso el: 17/04/2017.
- VIEIRA, D.L.; SCARIOT, A. 2006. Principles of natural regeneration of tropical dry forests for restoration. *Restoration Ecology*, **14**(1):11-20. <https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.2006.00100.x>
- VOZZO, J.A. (ed.). 2002. *Tropical tree seed manual*. Washington DC, USDA Forest Service, Agricultural Handbook Number 721, 899 p.
- WIJDEVEN, S.M.J.; KUZEE, M.E. 2000. Seed Availability as a Limiting Factor in Forest Recovery Processes in Costa Rica. *Restoration Ecology*, **8**(4):414-424. <https://doi.org/10.1046/j.1526-100x.2000.80056.x>
- YOUNG, T.P. 2000. Restoration ecology and conservation biology. *Biological Conservation*, **92**(1):73-83. [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(99\)00057-9](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(99)00057-9)

Submitted on May 17, 2017

Accepted on November 9, 2017